



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - MN141581

**DESAIN KAPAL PENUMPANG BARANG 350 DWT
UNTUK JASA ANGKUTAN LAUT PERINTIS
PANGKALAN SEMARANG TRAYEK R-12**

DWI YULIANTO
NRP. 4111 100 027

Dosen Pembimbing
Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc, Ph.D

JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2015



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - MN141581

**DESIGN OF 350 TDW CARGO-PASSENGERS SHIP
FOR PIONEER SEA TRANSPORTATION SERVICES
AT ROUTE R-12 FROM-TO SEMARANG BASE**

DWI YULIANTO
NRP. 4111 100 027

Supervisor
Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc, Ph.D

DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE & SHIPBUILDING ENGINEERING
Faculty of Marine Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2015

LEMBAR PENGESAHAN

DESAIN KAPAL PENUMPANG BARANG 350 DWT UNTUK JASA ANGKUTAN LAUT PERINTIS PANGKALAN SEMARANG TRAYEK R-12

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Keahlian Rekayasa Perkapalan - Perancangan Kapal
Program S1 Jurusan Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

DWI YULIANTO
NRP. 4111 100 027

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing



Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D

NIP. 19601202 198701 1 001

SURABAYA, JULI 2015

LEMBAR REVISI
DESAIN KAPAL PENUMPANG BARANG 350 DWT UNTUK
JASA ANGKUTAN LAUT PERINTIS PANGKALAN
SEMARANG TRAYEK R-12

TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir
Tanggal 2 Juli 2015

Bidang Keahlian Rekayasa Perkapalan – Perancangan Kapal
Program S1 Jurusan Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

DWI YULIANTO
NRP. 4111 100 027

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

1. Prof. Ir. I Ketut Aria Pria Utama, M.Sc., Ph.D. 
2. Ir. Petrus Adrianto Dewanda, M.ASc. 
3. Sri Rejeki Wahyu Pribadi, S.T, M.T. 



Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

1. Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc, Ph.D. 

SURABAYA, JULI 2015

DESAIN KAPAL PENUMPANG BARANG 350 DWT UNTUK JASA ANGKUTAN LAUT PERINTIS PANGKALAN SEMARANG TRAYEK R-12

Nama Mahasiswa : Dwi Yulianto
NRP : 4111 100 027
Jurusan / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing : Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc, Ph.D

ABSTRAK

Distribusi barang di Indonesia sampai saat ini belum juga terbagi secara merata, khususnya di wilayah Indonesia Tengah dan Timur. Di wilayah Indonesia Barat khususnya Pulau Jawa merupakan pusat perekonomian di Indonesia. Oleh karena itu pulau-pulau lain (Kalimantan) menjadikan pulau Jawa sebagai tempat untuk memenuhi kebutuhannya. Untuk mengatasi masalah tersebut pemerintah melalui kebijakannya akan mengadakan sebuah kapal penumpang barang yang berfungsi sebagai penghubung antar pulau di Indonesia dengan tujuan untuk pemerataan distribusi barang dan dengan rute trayek yang telah ditentukan. Untuk mendukung program pemerintah tersebut maka dibuat desain Kapal Penumpang Barang 350 DWT untuk Jasa Angkutan Laut Perintis Pangkalan Semarang Trayek R-12. Dari analisis yang dilakukan didapat ukuran utama yang optimal, yakni $L = 42.2\text{ m}$, $B = 8.6\text{ m}$, $H = 4.1\text{ m}$, dan $T = 3.04\text{ m}$, dengan biaya pembangunan sebesar Rp 46,706.562,859. Dari data kapal tersebut kemudian dibuat rencana garis dan rencana umum.

Kata kunci : Kapal Penumpang Barang, Transportasi, Rute Trayek R-12

DESIGN OF 350 TDW CARGO-PASSENGERS SHIP 350 DWT FOR PIONEER SEA TRANSPORTATION SERVICES AT ROUTE R-12 FROM- TO SEMARANG BASE

Author : Dwi Yulianto
ID No. : 4111 100 027
Dept. / Faculty : Naval Architecture & Shipbuilding Engineering / Marine Technology
Supervisor : Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc, Ph.D

ABSTRACT

Goods distribution in Indonesia has not been divided prevalently until nowadays, especially in central and eastern regional of Indonesia. In western region of Indonesia, especially Java, it is known as the economic center in Indonesia. Therefore other islands (Borneo) make Java as a place to meet their needs. To overcome these problems, the government through its policies will hold a cargo-passenger ship as a liaison between islands in Indonesia for the purpose of equitable distribution of goods with determined route. Thus, it is created Design of Cargo-Passengers Ship for Services Transportation Base Semarang Route R-12. From the analysis that has been conducted, primary measure of optimal obtained, namely $L = 42.2$ m, $B = 8.6$ m, $H = 4.1$ m, and $T = 3.04$ m, with construction costs amounting to Rp 46,706.562,859. From the ship's data the, it created lines plan and general arrangement.

Keywords: Cargo-Passenger Ship, Transportation, Route R-12

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT karena atas limpahan karunia serta hidayahNya Tugas Akhir yang berjudul **“Desain Kapal Penumpang Barang 350 DWT untuk Jasa Angkutan Laut Perintis Pangkalan Semarang Trayek R-12”** ini dapat diselesaikan dengan baik.

Pada kesempatan ini Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penyelesaian Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Bapak, Ibu, dan kakak, atas kasih sayang, doa-doa, dan segala pelajaran hidup serta bimbingannya sampai saat ini.
2. Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc, Ph.D selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc, Ph.D selaku Dosen Wali yang telah memberikan bimbingan dan motivasi selama penulis menjalani masa perkuliahan.
4. Prof. Ir. I Ketut Aria Pria Utama, M.Sc, Ph.D selaku ketua Jurusan Teknik Perkapalan FTK-ITS.
5. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Perkapalan FTK-ITS yang telah memberikan ilmu dan bimbingannya selama penulis melaksanakan studi.
6. Teman-teman Teknik Perkapalan FTK-ITS, khususnya angkatan 2011 (CENTERLINE) atas segala kenangan-kenangan selama penulis ada diantara kalian.
7. Tius Saputro dan Kafit Achmad Yogker atas bantuan dan segala ilmu yang kalian bagikan kepada penulis.
8. Agus, Bhayu, Dedi, Oky, Toni, Setyo dan Yuda yang selalu memberi hiburan disela-sela aktivitas selama penulis mengerjakan Tugas Ahir ini.
9. Teman-teman komunitas Save Street Child Mojokerto yang telah memberikan pengalaman dan doa kepada penulis.

Penulis sadar bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan. Akhir kata, besar harapan penulis bahwa Tugas Akhir ini dapat memberikan informasi dan manfaat sebanyak-banyaknya bagi pembaca sekalian.

Surabaya, Juni 2015

Penulis

Dwi Yulianto

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	iv
LEMBAR REVISI	v
KATA PENGANTAR.....	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR SIMBOL.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Perumusan Masalah	2
I.3 Tujuan	2
I.4 Hipotesis	2
I.5 Manfaat	2
I.6 Batasan Masalah	2
I.7 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
II.1 Pelayaran Perintis.....	5
II.2 Desain Spiral	6
II.3 Proses Desain Kapal	8
II.4 Perhitungan Teknis	8
II.4.1 Penentuan Ukuran Utama Kapal	9
II.4.2 Perhitungan Hambatan Kapal.....	9
II.4.3 Perhitungan Power dan Pemilihan Mesin Induk	9
II.4.4 Perhitungan Berat dan Titik Berat Kapal	9
II.4.5 Perhitungan Trim.....	10
II.4.6 Perhitungan <i>Freeboard</i>	10
II.4.7 Perhitungan Stabilitas.....	10
II.4.8 Perhitungan <i>Tonnage</i>	11

II.4.9	Perhitungan Biaya Pembangunan.....	11
II.4.10	Pengertian Optimisasi	11
II.5	Rencana Garis (<i>Lines Plan</i>)	13
II.6	Rencana Umum (<i>General Arrangement</i>).....	13
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	15
III.1	Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian Tugas Akhir	15
III.2	Langkah-langkah Pelaksanaan Penelitian Tugas Akhir.....	16
III.2.1	Studi Literatur	16
III.2.2	Pengumpulan Data	16
III.2.3	Analisis Data	16
III.2.4	Ukuran Utama Awal.....	17
III.2.5	Perhitungan Teknis.....	17
III.2.6	Pemeriksaan	17
III.2.7	Ukuran Utama Optimal	17
III.2.8	Desain Rencana Garis	18
III.2.9	Desain Rencana Umum.....	18
III.2.10	Kesimpulan.....	18
BAB IV	ANALISIS TEKNIS	19
IV.1	<i>Owner's Requirements</i>	19
IV.1.1	Penentuan Jumlah Penumpang.....	19
IV.1.2	Penentuan Kapasitas Muatan Barang	25
IV.1.3	Penentuan Kecepatan Kapal.....	25
IV.2	Penentuan Ukuran Utama Awal.....	25
IV.3	Perhitungan Awal.....	28
IV.3.1	Froude Number (F_n).....	28
IV.3.2	Koefisien <i>Block</i> (C_b).....	29
IV.3.3	Koefisien <i>Midship</i> (C_m).....	29
IV.3.4	Koefisien Perismatik (C_p).....	29
IV.3.5	Koefisien <i>Waterplan</i> (C_{wp})	29
IV.3.6	<i>Longitudinal Center of Bouyancy</i> (LCB)	29
IV.3.7	Displacement.....	30
IV.4	Perhitungan Hambatan dan Daya Kapal	31
IV.4.1	Perhitungan Hambatan Total.....	31
IV.4.2	Perhitungan Daya Kapal.....	36

IV.5	Perhitungan Berat dan Titik Berat Komponen LWT (<i>Light Weight Tonnage</i>)	38
IV.5.1	Berat Baja (W_s)	38
IV.5.2	Berat Permesinan (W_M)	40
IV.5.3	Berat Peralatan dan Perlengkapan ($W_{E\&O}$)	41
IV.6	Perhitungan Berat dan Titik Berat Komponen DWT (<i>DeadWeight Tonnage</i>)	43
IV.6.1	Perencanaan Susunan dan Jumlah Kru	43
IV.6.2	Berat Kru dan Penumpang	44
IV.6.3	Berat <i>Fuel Oil</i>	44
IV.6.4	Berat <i>Lubricating Oil</i>	45
IV.6.5	Berat <i>Diesel Oil</i>	46
IV.6.6	Berat <i>Fresh Water</i>	46
IV.6.7	Berat <i>Provision and Store</i>	47
IV.7	Rekapitulasi Berat dan Titik Berat	47
IV.8	Pemeriksaan	48
IV.8.1	Rasio Ukuran Utama	48
IV.8.2	Hukum Archimedes	48
IV.8.3	Trim	49
IV.8.4	Lambung Timbul (<i>Freeboard</i>)	51
IV.8.5	Stabilitas	53
IV.8.6	Tonase	57
IV.8.7	Biaya Pembangunan	59
IV.9	Perencanaan Ukuran Utama Optimal	60
IV.9.1	Variabel Desain (<i>Design Variable</i>)	60
IV.9.2	Batasan-batasan (<i>Constraint</i>)	61
IV.9.3	Konstanta	61
IV.9.4	<i>Objective Function</i>	61
IV.9.5	Pengoprasian Program Solver	62
IV.9.6	Hasil Optimasi	65
IV.10	Pembuatan Rencana Garis (<i>Lines Plan</i>)	66
IV.11	Pembuatan Rencana Umum (<i>General Arrangement</i>)	74
IV.11.1	Perencanaan Jarak Gading	74
IV.11.2	Perencanaan Tinggi <i>Double Bottom</i>	74
IV.11.3	Perencanaan Letak Sekat	74
IV.11.4	Perencanaan Akomodasi Penumpang	75

IV.11.5 Perencanaan Tangga Akomodasi	76
IV.11.6 Perlengkapan Alat-alat Keselamatan	76
IV.11.7 Perencanaan Tangki	77
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	81
V.1 Kesimpulan	81
V.2 Saran	82
DAFTAR PUSTAKA	83
DAFTAR LAMPIRAN	
LAMPIRAN A : PERHITUNGAN TEKNIS	
LAMPIRAN B : <i>LINES PLAN</i>	
LAMPIRAN C : <i>GENERAL ARRANGEMENT</i>	
BIOGRAFI PENULIS	

DAFTAR TABEL

Tabel IV.1 Jumlah penumpang dan kapal di Pelabuhan Tanjung Emas Semarang	19
Tabel IV.2 Jumlah penumpang dan kapal di Pelabuhan Jepara	20
Tabel IV.3 Jumlah penumpang dan kapal di Pelabuhan Karimunjawa	21
Tabel IV.4 Jumlah penumpang dan kapal di Pelabuhan Sukamara	22
Tabel IV.5 Jumlah penumpang dan kapal di Pelabuhan Kuala Pembuang.....	23
Tabel IV.6 Rekapitulasi Jumlah Penumpang	24
Tabel IV.7 Data kapal pembanding.....	26
Tabel IV.8 Ukuran utama awal kapal.....	28
Tabel IV.9 Nilai $1+k_2$	34
Tabel IV.10 Pengurangan <i>freeboard</i>	52
Tabel IV.11 Lengan Statis (GZ).....	55
Tabel IV.12 Lengan dinamis (Ld)	55
Tabel IV.13 Hasil Perhitungan Stabilitas	57
Tabel IV.14 Variabel Desain.....	61
Tabel IV.15 Batasan-batasan (constraint)	61
Tabel IV.16 Konstanta	61
Tabel IV.17 Hasil optimasi ukuran utama	65
Tabel IV.18 Pembagian sekat berdasarkan BKI	75

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Kapal Perintis.....	5
Gambar II.2 Rute Trayek R-12	6
Gambar II.3 <i>Spiral Design Process</i>	6
Gambar III.1 Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian Tugas Akhir.....	15
Gambar IV.1 Grafik rata-rata jumlah penumpang per kapal di Pelabuhan Tanjung Emas Semarang.....	20
Gambar IV.2 Grafik rata-rata jumlah penumpang per kapal di Pelabuhan Kartini Jepara	21
Gambar IV.3 Grafik rata-rata jumlah penumpang per kapal di Pelabuhan Karimunjawa.....	22
Gambar IV.4 Grafik rata-rata jumlah penumpang per kapal di Pelabuhan Sukamara.....	23
Gambar IV.5 Grafik rata-rata jumlah penumpang per kapal di Pelabuhan Kuala Pembuang	24
Gambar IV.6 Grafik DWT – Lpp.....	26
Gambar IV.7 Grafik DWT – B.....	27
Gambar IV.8 Grafik DWT – H	27
Gambar IV.9 Grafik DWT – T.....	27
Gambar IV.10 Grafik %LCB - Cb	30
Gambar IV.11 Kurva Stabilitas	56
Gambar IV.12 Tampilan Microsoft Excel 2010 dengan Solver <i>Add-In</i> terinstal.....	62
Gambar IV.13 Tampilan setelah <i>Target Cell</i> dan nilai minimal ditentukan.....	63
Gambar IV.14 Tampilan Solver Parameter setelah <i>changing cells</i> ditentukan.....	63
Gambar IV.15 Tampilan <i>input constraint</i>	64
Gambar IV.16 Tampilan Solver Parameter setelah <i>Constraint</i> dalam model dimasukkan	64
Gambar IV.17 Tampilan <i>Solver Result</i>	65
Gambar IV.18 Layar Kerja <i>Software Maxsurf</i>	66
Gambar IV.19 Tampilan <i>Open Design</i>	67
Gambar IV.20 Tampilan <i>Size Surface</i>	67
Gambar IV.21 Tampilan <i>Zero Point</i>	68
Gambar IV.22 Tampilan <i>Frame of Reference</i>	68
Gambar IV.23 Tampilan <i>Parametic Transformation</i>	69
Gambar IV.24 Tampilan Nilai Hidrostatik di <i>Maxsurf</i>	70
Gambar IV.25 Tampilan Pembagian <i>Station</i>	71
Gambar IV.26 Tampilan Pembagian <i>Buttock Line</i>	71

Gambar IV.27 Tampilan Pembagian <i>Water Line</i>	71
Gambar IV.28 Tampilan model 3D.....	72
Gambar IV.29 Penggambaran <i>Linesplan</i> di <i>Autocad</i>	72
Gambar IV.30 <i>Lines Plan</i>	73
Gambar IV.31 <i>Lifeboat Open Type</i>	77
Gambar IV.32 Inflatable Life-Raft.....	77
Gambar IV.33 <i>General Arrangement</i>	79

DAFTAR SIMBOL

L	= Panjang kapal (m)
Loa	= <i>Length overall</i> (m)
Lpp	= <i>Length perpendicular</i> (m)
Lwl	= <i>Length of waterline</i> (m)
B	= Lebar Kapal (m)
T	= Sarat kapal (m)
H	= Tinggi lambung kapal (m)
Vs	= Kecepatan dinas kapal (knot)
Vmax	= Kecepatan maksimal kapal (knot)
Fn	= <i>Froud number</i>
Rn	= <i>Reynolds number</i>
Cb	= Koefisien blok
Cp	= Koefisien prismatik
Cm	= Koefisien <i>midship</i>
Cwp	= Koefisien <i>water plane</i>
ρ	= Massa jenis (kg/m ³)
g	= Percepatan gravitasi (m/s ²)
Δ	= <i>Displacement</i> kapal (ton)
∇	= <i>Volume displacement</i> (m ³)
LCB	= <i>Longitudinal center of bouyancy</i> (m)
VCG	= <i>vertical center of gravity</i> (m)
LCG	= <i>Longitudinal center of gravity</i> (m)
LWT	= <i>Light weight tonnage</i> (ton)
DWT	= <i>Dead weight tonnage</i> (ton)
R _T	= Hambatan total kapal (N)
WSA	= Luasan permukaan basah (m ²)
ν	= Koefisien viskositas kinematik (m ² /s)
β	= Faktor interferensi hambatan gesek
τ	= Faktor interferensi hambatan gelombang
C _w	= Koefisien hambatan gelombang
C _F	= Koefisien hambatan gesek

C_T = Koefisien hambatan total
 η = Koefisien dari efisiensi
EHP = *Effective horse power* (hp)
THP = *Thrust horse power* (hp)
DHP = *Delivered horse power* (hp)
BHP = *Brake horse power* (hp)

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A	: PERHITUNGAN TEKNIS
LAMPIRAN B	: <i>LINES PLAN</i>
LAMPIRAN C	: <i>GENERAL ARRANGEMENT</i>

LAMPIRAN A : PERHITUNGAN TEKNIS

Lampiran perhitungan teknis berisi perhitungan-perhitungan dasar dalam mendesain sebuah kapal. Perhitungan-perhitungan tersebut meliputi perhitungan ukuran utama awal dan koefisien kapal, perhitungan hambatan & propulsi, perhitungan berat dan titik berat, perhitungan batasan-batasan untuk optimasi, perhitungan biaya pembangunan kapal dan perhitungan optimasi ukuran utama kapal.

LAMPIRAN B : *LINES PLAN*

Lampiran ini berisi gambar *lines plan* atau rencana garis. Rencana garis merupakan potongan bentuk badan kapal yang digambarkan dalam 3 bentuk proyeksi pandangan, *body plan*, *sheer plan* dan *half breadth plan*.

LAMPIRAN C : *GENERAL ARRANGEMENT*

Lampiran ini berisi gambar rencana umum atau *general arrangement* yaitu perencanaan tata ruang akomodasi, perencanaan letak sekat, perencanaan tangki dan lain sebagainya yang mengacu pada *rules* atau standar yang berlaku.

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang wilayahnya sebagian besar berupa laut, karena Indonesia terdiri dari pulau-pulau dengan jumlah yang mencapai kurang lebih 17.499 sehingga bisa disebut juga sebagai negara kepulauan. Wilayah laut yang luas memiliki sumber daya kelautan yang melimpah mulai dari perikanan, terumbu karang, sumber minyak dan gas, serta roda perekonomian oleh transportasi laut. Kapal adalah salah satu moda transportasi yang digunakan di Indonesia sebagai penghubung antara pulau-pulau. Kapal-kapal tersebut digunakan untuk mengangkut minyak mentah, muatan curah, muatan umum, peti kemas, penumpang dan lain sebagainya.

Kapal perintis merupakan kapal yang dibangun dan dimiliki oleh Direktorat Jenderal Perhubungan Laut dengan tujuan untuk menghubungkan pulau-pulau yang ada di Indonesia dengan rute trayek yang telah ditetapkan. Rute-rute tersebut merupakan rute-rute yang khusus menghubungkan pulau-pulau yang terpencil dan juga dapat menghubungkan pulau yang kecil dengan pulau yang besar dengan maksud untuk pemerataan ekonomi di Indonesia. Pulau Jawa merupakan pusat perekonomian di Indonesia, oleh karena itu pulau-pulau lain di Indonesia seperti Kalimantan membutuhkan pasokan barang-barang yang terdapat di Jawa untuk memenuhi kebutuhan ekonominya.

Trayek R-12 merupakan trayek dari Jawa Tengah menuju Kalimantan Tengah dengan melewati Pulau Wisata Karimunjawa. Trayek R-12 yang melewati Pulau Karimunjawa diharapkan dapat menumbuhkan minat wisatawan domestik dan dapat menumbuhkan nilai ekonomi karena kapal-kapal wisata yang ada di Karimunjawa seperti Kapal-kapal seperti KMP, Muria, KMC, Kartini, Bahari Expres yang sudah melayani jalur angkutan laut ke Pulau Wisata Karimunjawa ini berukuran kecil sehingga tidak mampu beroperasi saat cuaca buruk. Oleh karena itu Direktorat Jenderal Perhubungan Laut melakukan pelelangan pekerjaan jasa angkutan laut perintis trayek R-12.

Berdasarkan permasalahan yang ada, maka penulis tergerak untuk melakukan desain Kapal Penumpang Barang 350 DWT untuk trayek R-12 yang difungsikan sebagai kapal perintis dengan rute yang telah ditentukan oleh Pemerintah sebagai alternatif desain.

I.2 Perumusan Masalah

Sehubungan dengan latar belakang di atas, perumusan masalah yang diambil dalam Tugas Akhir ini adalah

1. Bagaimana merencanakan komposisi kapasitas Penumpang dan Barang yang sesuai dengan kapasitas 350 DWT ?
2. Bagaimana desain Kapal Penumpang Barang 350 DWT yang sesuai dengan rute trayek R-12 ?

I.3 Tujuan

Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah

1. Mendapatkan hasil perencanaan komposisi penumpang dan barang.
2. Mendapatkan ukuran utama kapal yang optimum (L, B, H, T).
3. Mendapatkan desain Rencana Garis (*Lines plan*) Kapal Penumpang Barang 350 DWT yang sesuai untuk rute trayek R-12.
4. Mendapatkan desain Rencana Umum (*General Arrangement*) Kapal Penumpang Barang 350 DWT yang sesuai untuk rute trayek R-12.

I.4 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian Tugas Akhir ini adalah dapat dibuatnya desain kapal Penumpang Barang 350 DWT yang sesuai untuk rute trayek R-12 dan dapat dijadikan sebagai alternatif referensi desain bagi Pemerintah dalam pengadaan Kapal Perintis di Indonesia.

I.5 Manfaat

Dari Tugas Akhir ini, diharapkan dapat diambil manfaat sebagai berikut :

1. Secara akademis, diharapkan hasil pengerjaan Tugas Akhir ini dapat membantu menunjang proses belajar mengajar khususnya di bidang perkapalan.
2. Secara praktek, diharapkan hasil pengerjaan Tugas Akhir ini dapat digunakan sebagai referensi desain untuk pengadaan atau penyediaan Kapal-Kapal perintis baru pada trayek-trayek lainnya.

I.6 Batasan Masalah

Mengingat waktu penyusunan tugas akhir ini yang cukup singkat. Maka diperlukan batasan-batasan masalah agar proses penulisan lebih terarah. Adapun batasan masalah tersebut sebagai berikut:

1. Hasil desain Kapal Penumpang Barang 350 DWT hanya proses *Concept Design* yang meliputi desain Rencana Garis (*Lines plan*) dan Rencana Umum (*General Arrangement*).
2. Tidak merencanakan dan menghitung konstruksi dari Kapal ini.
3. Menggunakan software *MAXSURF* dan *Autocad*.

I.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan yang disusun untuk pengerjaan tugas akhir desain kapal penumpang barang ini adalah, sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab pendahuluan yang dibahas adalah mengenai gambaran umum serta konsep dasar dari tugas akhir ini. Bab ini berisi latar belakang masalah, perumusan masalah, maksud dan tujuan dari tugas akhir, manfaat tugas akhir bagi penulis dan pembaca, hipotesis awal tugas akhir, batasan masalah yang ditentukan oleh penulis, serta sistematika penulisan tugas akhir ini.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab tinjauan pustaka ini membahas mengenai referensi yang mendukung dalam proses analisis dan penyelesaian masalah pada pengerjaan tugas akhir.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai metode-metode yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini serta urutan kerja dan langkah pengerjaan yang dibuat dalam bentuk *flow chart* atau diagram alir untuk menyelesaikan tugas akhir desain kapal penumpang barang ini.

BAB IV ANALISIS TEKNIS

Pada bab ini dibahas mengenai analisis teknis desain kapal penumpang barang yang dimulai dari ukuran utama awal kapal, perhitungan hambatan dan daya mesin, LWT, DWT, perhitungan batasan sampai kepada ukuran utama optimum, rencana garis (*lines plan*), rencana umum (*general arrangement*), dan dengan harga yang minimum.

Pembuatan *lines plan* menggunakan *software Maxsurf trial version*, sedangkan pembuatan *general arrangement* menggunakan *software AutoCAD student version* dengan dasar *lines plan* yang didapat sebelumnya.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam bab ini akan diberikan kesimpulan-kesimpulan yang didapat dari analisis diatas, dimana kesimpulan-kesimpulan tersebut menjawab permasalahan yang ada dalam tugas akhir ini.

Bab ini juga berisi saran-saran penulis sebagai tindak lanjut dari permasalahan yang dibahas serta untuk pengembangan materi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Pelayaran Perintis

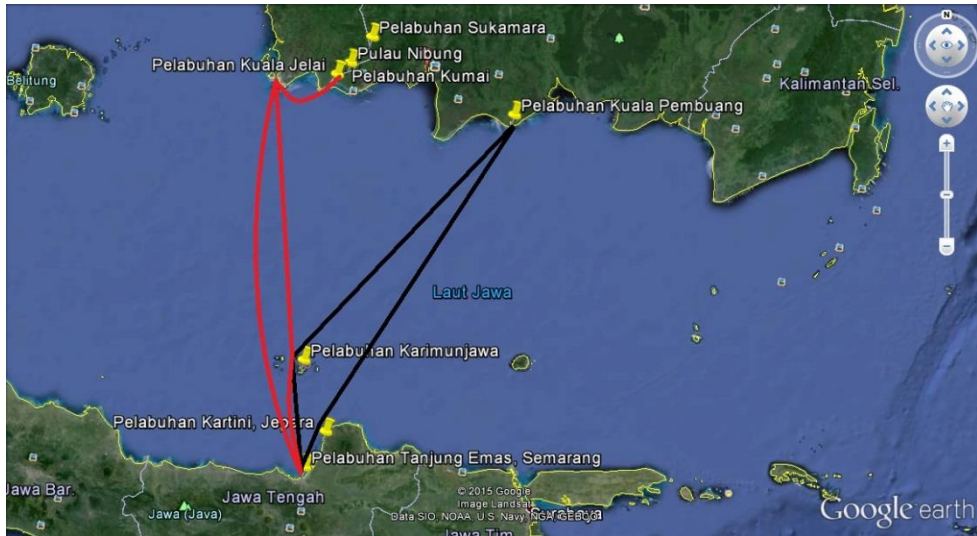
Berdasarkan Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), definisi dari kapal perintis adalah kapal yang merintis suatu tugas (menghubungi daerah-daerah terpencil yang belum terbuka). Kapal Perintis seperti yang terlihat pada Gambar II.1 merupakan jenis kapal penumpang barang (*Cargo-Passengers Ship*) yang menghubungkan antar pulau-pulau, baik pula kecil maupun pulau besar. Kegiatan pelayaran perintis dimulai pada tahun 1974. Pelayaran ini dilakukan dalam bentuk proyek pembangunan yang dananya diperoleh dari APBN. Oleh sebab itu, kegiatan ini dinamakan Proyek Pelayaran Perintis.



Gambar II.1 Kapal Perintis
(sumber : www.thepresidentpost.com)

Pada tahun 2000, jumlah pelabuhan singgah kapal-kapal perintis sebanyak 180 buah. Pada saat ini baru ada 84 trayek pelayaran perintis yang beroperasi di 30 pangkalan dan 503 pelabuhan singgah. Pelayanan Angkutan Perintis mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap mobilitas masyarakat di suatu daerah, dengan tersedianya transportasi laut sangat menunjang aktivitas masyarakat yang secara tidak langsung dapat meningkatkan pertumbuhan ekonomi baik regional maupun nasional. Faktor-faktor tersebut yang mendasari kebijakan pemerintah menjadikan pelayaran perintis sebagai satu subsistem angkutan laut nasional sebagaimana dituangkan dalam Peraturan Pemerintah (PP) No. 82 tahun 1999.

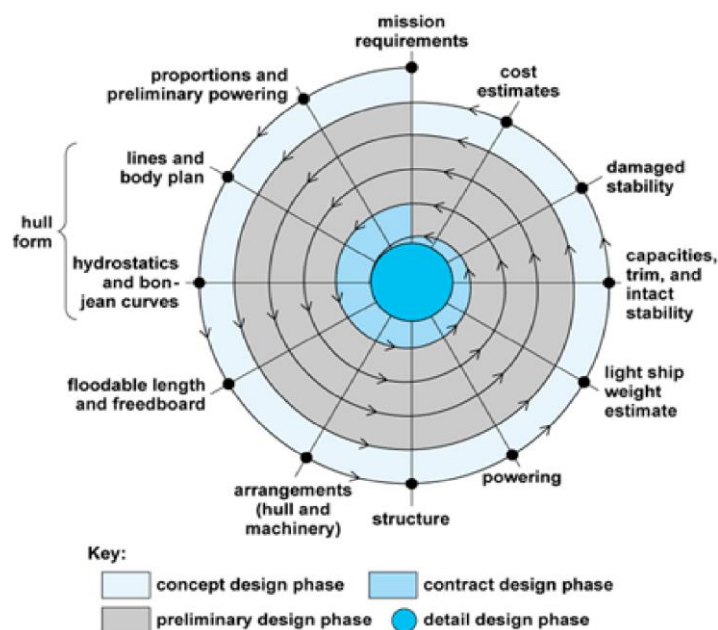
Trayek R-12 merupakan rute trayek dengan pangkalan berada di Semarang kemudian menuju Jepara – Kuala Pembuang – Karimunjawa – Semarang – Kuala Jelai – Pulau Nibung – Sukamara – Pulau Nibung – Kuala Jelai – Karimunjawa – Semarang dengan jumlah jarak 1238 mil. Rute trayek R-12 dapat dilihat pada Gambar II.2 di bawah ini



Gambar II.2 Rute Trayek R-12

II.2 Desain Spiral

Desain merupakan langkah awal dalam merencanakan atau menciptakan suatu produk. Langkah awal tersebut sangat penting mengingat bahwa desain awal ini akan dijadikan sebagai dasar dalam menentukan alur atau langkah selanjutnya. Dalam bidang perkapalan, desain merupakan faktor yang penting mengingat banyak aspek yang ditinjau dalam melakukan sebuah proses desain. Di dalam bidang perkapalan, proses desain digambarkan dalam bentuk *design spiral* atau spiral desain yang menunjukkan sebuah proses yang berulang-ulang dan saling berkesinambungan dengan tujuan untuk menghasilkan desain yang optimal. Tahap-tahap proses spiral desain menurut Evans (1959) dapat dilihat pada Gambar II.3 di bawah ini



Gambar II.3 Spiral Design Process
(sumber : Evans, 1959)

1. *Design Statement*

Design statement digunakan untuk mendefinisikan atau memberikan gambaran tentang tujuan dan kegunaan kapal yang akan dibangun. Hal ini diperlukan sebagai langkah awal dalam menentukan langkah-langkah selanjutnya. *Design Statement* ini berisi sejumlah persyaratan-persyaratan atau permintaan dari pemilik kapal (*Owner*) yang meliputi jenis kapal, jenis muatan, *payload*, kecepatan dan daerah pengoperasian kapal. Data-data tersebut akan dijadikan sebagai *Design Requirements* dan menjadi misi oleh seorang desainer kapal.

2. *Concept Design*

Concept design merupakan langkah untuk menerjemahkan persyaratan atau *Design Requirements* yang diberikan oleh pemilik kapal. Dalam proses ini dihasilkan ukuran utama kapal dan koefisien-koefisiennya, daya mesin, pemilihan mesin dan lain sebagainya. Studi tersebut dilakukan dengan menggunakan rumus-rumus pendekatan dari berbagai sumber referensi.

3. *Preliminary Design*

Pada tahap ini dilakukan pemeriksaan ulang yang terkait dengan *performance* kapal. Hasil dari tahap *preliminary* ini akan menjadi dasar dalam pengembangan rencana kontrak dan spesifikasi di tahap berikutnya. Dalam tahap ini dilakukan pemeriksaan terhadap detail struktur kapal, melengkapi bentuk lambung kapal, penyelesaian desain interior kapal, perhitungan stabilitas dan hidostatis kapal, pemeriksaan kembali perhitungan hambatan kapal serta kebutuhan daya mesin penggerak, perhitungan berat kapal dan perhitungan biaya pembangunan kapal.

4. *Contract Design*

Tahap ini juga dilakukan perbaikan-perbaikan terutama dalam *Hull form* dengan memperbaiki *lines plan*, tenaga penggerak dengan menggunakan *model test*, *seakeeping* dan *maneuvering*, sistem propulsi, detail konstruksi, pemakaian jenis baja dan tipe gading, perhitungan berat dan titik berat kapal yang didasarkan pada posisi dan berat masing-masing item konstruksi.

Pembuatan *General Arrangement* yang lebih detail dilakukan pada tahap ini, termasuk juga didalamnya kepastian terhadap kapasitas permesinan, bahan bakar, air tawar dan ruang akomodasi. Setelah selesai dengan perbaikan beberapa hal diatas,

maka selanjutnya dibuat spesifikasi rencana standart kualitas dari bagian badan kapal dan peralatannya.

5. *Detail Design*

Detail design adalah tahap terakhir dari proses mendesain kapal. Pada tahap ini hasil dari tahapan sebelumnya dikembangkan menjadi gambar kerja yang detail. Mengembangkan rencana kerja yang detail meliputi instruksi tentang instalasi dan konstruksi terhadap tukang pasang (fitters), las (welders), outfitting, pekerja bagian logam, vendor mesin dan permesinan kapal, tukang pipa, dll.

II.3 Proses Desain Kapal

Proses desain merupakan tahapan-tahapan yang dilakukan oleh seorang desainer untuk membuat sebuah produk. Proses desain direpresentasikan sebagai model dari aktivitas desain secara total atau yang biasa disebut dengan *Total Design Activity Model* (Pugh, 1990). Model ini menggambarkan proses desain yang terdiri dari beberapa tahap, mulai dari melihat aktivitas atau kebutuhan di pasar sampai dengan mnghasilkan produksi yang nantinya akan dijual.

Dalam bidang perancangan kapal atau desain kapal, aktivitas melihat pasar atau kebutuhan dilakukan oleh *owner* (pemilik kapal). Oleh karena itu, dalam merancang atau mendesain suatu kapal selalu merujuk kepada permintaan pemilik (*owner's requierments*).. Informasi yang biasanya diberikan oleh pemesan kapal kepada desainer antara lain :

- *Payload* (muatan bersih)
- Kecepatan dinas dan kecepatan percobaan
- Radius pelayaran
- Pembatasan ukuran kapal karena melewati terusan atau kedalaman perairan di pelabuhan dan lainnya.

Banyak langkah-langkah yang harus dikerjakan dalam merancang kapal sampai nantinya menghasilkan rencana garis (*lines plan*) dan rencana umum (*general arrangement plan*). Mulai mencari data kapal pembanding, melakukan perhitungan sampai mendapatkan satu kapal yang paling optimum, membuat rencana garis dan rencana umum dari kapal yang terpilih.

II.4 Perhitungan Teknis

Dasar-dasar dari perhitungan yang digunakan dalam merancang kapal adalah sebagai berikut:

II.4.1 Penentuan Ukuran Utama Kapal

Ukuran utama kapal adalah ukuran dimensi kapal maupun perbandingan dimensi kapal itu sendiri. Seperti L yaitu panjang, B merupakan lebar, H adalah tinggi kapal, T sarat air pada kapal. Perhitungan ukuran utama menggunakan metode statistik yang diperoleh dari data-data kapal pembanding. Perhitungan komponen lain misalnya C_b (*block coefficient*), C_m (*midship coefficient*), C_{wp} (*waterplan coefficient*), C_p (*prismatic coefficient*), dan lainnya. utama tersebut merupakan dasar dalam menghitung pendekatan LCB (*longitudinal centre of bouyancy*), *volume displacement*, dan *displacement* sebagai langkah analisis teknis.

II.4.2 Perhitungan Hambatan Kapal

Perhitungan hambatan total kapal dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan daya mesin yang dibutuhkan kapal. Dengan demikian kapal dapat berlayar dengan kecepatan sebagaimana yang diinginkan oleh pemilik kapal sesuai dengan *Owner Requirements* yang telah didapatkan dari analisis data.

Untuk menghitung hambatan kapal, digunakan metode Holtrop. Di dalam metode ini, Holtrop membagi hambatan total menjadi beberapa komponen hambatan. Komponen tersebut yaitu *viscous resistance* (hambatan kekentalan), *appendages resistance* (hambatan karena bentuk kapal) dan *wave making resistance* (hambatan gelombang karena gerak kapal).

II.4.3 Perhitungan Power dan Pemilihan Mesin Induk

Perhitungan daya mesin dilakukan dengan menggunakan nilai hambatan yang dihasilkan dari metode holtrop. Daya-daya tersebut meliputi *Effective Horse Power* (EHP), *Delivered Horse Power* (DHP), *Shaft Horse Power* (SHP) dan *Brake Horse Power* (BHP). Nilai dari Terdapat penambahan sea margin $\pm 15\%$ untuk BHP karena kapal berlayar di perairan yang memiliki gelombang. BHP tersebut digunakan sebagai dasar dalam menentukan mesin induk yang akan dipakai.

II.4.4 Perhitungan Berat dan Titik Berat Kapal

Perhitungan berat dan titik berat kapal dalam Tugas Akhir ini dilakukan dengan cara menghitung berat tiap komponen yang terdapat di setiap ruangan kapal. Berat pada kapal terdapat dua komponen yaitu LWT (*light weight tonnage*) dan DWT (*dead weight tonnage*). LWT terdiri dari berat lambung kapal, berat konstruksi kapal, serta instalasi dan peralatan yang terdapat pada kapal. Sedangkan DWT terdiri dari berat *crew* kapal, berat penumpang (*passangers*), berat barang bawaan *crew* dan penumpang, berat muatan *general cargo*, berat bahan bakar, minyak pelumas, dan air tawar.

II.4.5 Perhitungan Trim

Trim dapat didefinisikan sebagai kondisi kapal yang tidak *even keel*. *Trim* terjadi sebagai akibat dari tidak meratanya momen statis dari penyebaran gaya berat. *Trim* dibedakan menjadi dua, yaitu *trim* haluan dan *trim* buritan. *Trim* haluan terjadi apabila sarat haluan lebih tinggi daripada sarat buritan. Begitu juga sebaliknya untuk *trim* buritan.

II.4.6 Perhitungan Freeboard

Freeboard Adalah jarak vertikal antara garis geladak bagian atas sampai dengan lingkaran *Plimsol Mark*. Semakin besar muatan kapal, maka kapal akan turun kedalam air, semakin dalam sampai batas aman yang ditandai dengan *Plimsol Mark*.

II.4.7 Perhitungan Stabilitas

Stabilitas dapat diartikan sebagai kemampuan kapal untuk kembali ke keadaan semula setelah dikenai oleh gaya luar. Kemampuan tersebut dipengaruhi oleh lengan dinamis (GZ) yang membentuk momen kopel yang menyeimbangkan gaya tekan ke atas dengan gaya berat. Komponen stabilitas terdiri dari GZ, KG dan GM. Dalam perhitungan stabilitas, yang paling penting adalah mencari harga lengan dinamis (GZ). Kemudian setelah harga GZ didapat, maka dilakukan pemeriksaan stabilitas utuh sesuai dengan kriteria-kriteria IMO *International Code on Intact Stability*, 2008, yaitu :

- $e_{0.30^\circ} \geq 0.055 \text{ m.rad}$

Luas gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut $30^\circ > 0.055 \text{ meter.rad}$

- $e_{0.40^\circ} \geq 0.09 \text{ m.rad}$

Luas gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut $40^\circ > 0.09 \text{ meter.rad}$

- $e_{30.40^\circ} \geq 0.03 \text{ m.rad}$

Luas gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut $30^\circ - 40^\circ > 0.055 \text{ meter.rad}$

- $h_{30^\circ} \geq 0.2 \text{ m}$

Lengan penegak GZ paling sedikit 0.2 meter pada sudut oleng 30° atau lebih.

- $h_{\max \text{ pada } \max} \geq 25^\circ$

Lengan penegak maksimum sebaiknya pada sudut oleng lebih dari 30° dan tidak boleh kurang dari 25°

- $GMO \geq 0.15 \text{ m}$

Tinggi metasentra awal GM0 tidak boleh kurang dari 0.15 meter

II.4.8 Perhitungan *Tonnage*

Tonase kapal dibagi menjadi dua yaitu *Net Tonnage* (NT) dan *Gross Tonnage* (GT). NT digunakan dalam menentukan pajak pelabuhan untuk kapal-kapal berbagai ukuran. Sedangkan GT digunakan untuk menentukan persyaratan-persyaratan regulasi, misalnya biaya masuk kanal, biaya pemanduan kapal, persyaratan keselamatan, peralatan teknis, jumlah *crew*, asuransi, dll.

II.4.9 Perhitungan Biaya Pembangunan

Dalam hal ini biaya pembangunan kapal menggunakan rumus pendekatan yang didasarkan pada *structural cost*, *machinery cost* dan *outfit cost*. Perhitungan biaya pembangunan ini digunakan sebagai *objective function* untuk proses Optimisasi Ukuran Utama Kapal.

II.4.10 Pengertian Optimisasi

Optimisasi merupakan suatu proses untuk mendapatkan satu hasil yang lebih baik dari beberapa kemungkinan hasil yang memenuhi syarat berdasarkan batasan-batasan tertentu (Teguh, 2011). Optimisasi mencerminkan perilaku para pelaku ekonomi yang rasional, artinya sebagai konsumen ia akan selalu memaksimalkan kepuasannya dan sebagai produsen ia akan memaksimalkan kerugiannya. Pada dasarnya optimisasi adalah mencari titik maksimum dan minimum dari suatu fungsi. Caranya dengan mencari titik stasioner baik untuk fungsi 1 variabel maupun untuk fungsi dengan n variable. Misalnya:

- Fungsi tujuan dengan satu variable $= f(X_1)$
- Fungsi tujuan dengan n variable $= f(X_1, X_2, \dots, X_n)$

Dalam proses optimisasi selalu melibatkan hal-hal dibawah ini (Setijoprajudo, 1999), yaitu:

1. Variabel adalah harga-harga yang akan dicari dalam proses optimisasi.

Contoh: L, B, T, Diameter *propeller*, Ae/Ao, dll.

Jenis-jenis variable adalah:

- ✓ Variabel tak bebas (*dependent variables*), yaitu variable yang tidak dapat berdiri sendiri, melainkan berhubungan satu dengan yang lainnya.
- ✓ Variabel bebas, yaitu variable yang dapat berdiri sendiri.
- ✓ Variabel tunggal (uni-variable)

- ✓ Variabel ganda (multi-variable)
 - ✓ Variabel kontinyu (continuous-variable) yaitu variable yang dapat mempunyai harga pada daerah yang sudah ditentukan.
 - ✓ Variabel tertentu (discrete-variale).
2. Parameter adalah harga-harga yang tidak berubah besarnya selama satu kali proses optimasi karena syarat-syarat tertentu (misal dari peraturan suatu ketetapan-ketetapan rule internasional lainnya) atau dapat juga suatu variable yang diberi harga tertentu. Harga tersebut dapat diubah setelah satu kali proses optimisasi untuk menyelidiki kemungkinan terdapatnya hasil yang lebih baik.
 3. Konstanta adalah harga-harga yang tidak berubah besarnya selama proses optimisasi berlangsung tuntas.

Contoh : Berat jenis air, gravitasi bumi.

4. Batasan adalah harga-harga batas yang telah ditentukan baik perencana, pemesan, biro klasifikasi, peraturan keselamatan pelayaran, kondisi perairan, maupun oleh persyaratan-persyaratan lainnya.

Batasan yang merupakan persamaan biasanya ditulis :

$$h(x) = 0$$

Bentuk umum :

$$G_{min}(x) < g(x) < g_{min}(x)$$

Bentuk standar :

$$\text{Untuk } g_{min} > 0, \text{ maka } G(x) = \frac{g(x)}{g_{min}(x)} - 1 > 0$$

Contoh : $2.2 < H < 3.5$ m merupakan batasan yang diberikan oleh pemesan yang merupakan batasan minimum dan batasan maksimum tinggi kapal yang dapat bersandar pada dermaga pemesan.

5. Fungsi Objektif adalah hubungan antara semua atau beberapa variable serta parameter yang harganya akan dioptimalkan. Fungsi tersebut dapat berupa linier atau kompleks serta bisa juga gabungan dari beberapa fungsi objektif yang lain.

Contoh : akan dibangun kapal dengan biaya paling murah. Maka biaya disini berfungsi sebagai fungsi objektif yang diminimkan.

Program optimasi dalam penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan karakteristik ukuran utama kapal. Fungsi objektif yang dipakai disini adalah meminimalkan biaya pembangunan kapal. Program optimisasi ini dijalankan dengan bantuan *software* Microsoft Excel.

II.5 Rencana Garis (*Lines Plan*)

Lines plan merupakan gambar yang menyatakan bentuk potongan body kapal dibawah garis air yang memiliki tiga sudut pandang yaitu, *body plan* (secara melintang), *buttock plan* (secara memanjang) dan *half breadth plan* (dilihat dari atas). Ada berbagai cara membuat lines plan. Namun seiring dengan kemajuan teknologi, kini telah hadir *software* khusus yang biasa digunakan untuk menggambar *lines plan* dalam waktu yang singkat. *Software* dimaksud adalah *Maxsurf trial version*. Dengan *maxsurf trial version* sebagai awalnya dan dengan *Auto Cad student version* sebagai penyempurna.

II.6 Rencana Umum (*General Arrangement*)

Rencana Umum/*General Arrangement* dalam ”*Ship Design and Cosntruction*” didefinisikan sebagai perencanaan ruangan yang dibutuhkan sesuai dengan fungsi dan perlengkapannya. Ruangan-ruangan tersebut misalnya: ruang muat, ruang akomodasi, ruang mesin, dll. Disamping itu, juga meliputi perencanaan penempatan lokasi ruangan beserta aksesnya.

Rencana umum dibuat berdasarkan *lines plan* yang telah dibuat sebelumnya. Dengan lines plan secara garis besar bentuk badan kapal akan terlihat sehingga memudahkan dalam merencanakan serta menentukan pembagian ruangan sesuai dengan fungsinya masing-masing.

Menurut ”*Ship Design and Construstion*”, karakteristik rencana umum dibagi menjadi 4 bagian antara lain :

- a. Penentuan lokasi ruang utama
- b. Penentuan batas-batas ruangan
- c. Penentuan dan pemilihan perlengkapan yang tepat
- d. Penentuan akses (jalan atau lintasan) yang cukup

Langkah pertama dalam menyelesaikan permasalahan rencana umum adalah menempatkan ruangan-ruangan utama beserta batas-batasnya terhadap lambung kapal dan bangunan atas. Adapun ruangan utama dimaksud adalah :

- a. Ruang Muat
- b. Kamar mesin
- c. Ruangan untuk *crew* dan penumpang
- d. Tangki-tangki (bahan bakar, *ballast*, air tawar, dll)
- e. Ruangan-ruangan lainnya

Pada saat yang bersamaan juga ditentukan kebutuhan lain yang harus diutamakan seperti:

- a. Sekat kedap masing-masing ruangan
- b. Stabilitas yang cukup
- c. Struktur / konstruksi
- d. Penyediaan akses yang cukup

Penyusunan rencana umum merupakan suatu proses bertahap yang disusun dari percobaan, pengecekan, dan penambahan. Referensinya bisa didapat dari data rencana umum kapal-kapal pembanding yang memiliki spesifikasi tidak jauh berbeda dengan kapal yang sedang dirancang. Pendekatan penyelesaian permasalahan rencana umum harus didasarkan pada informasi minimum yang meliputi :

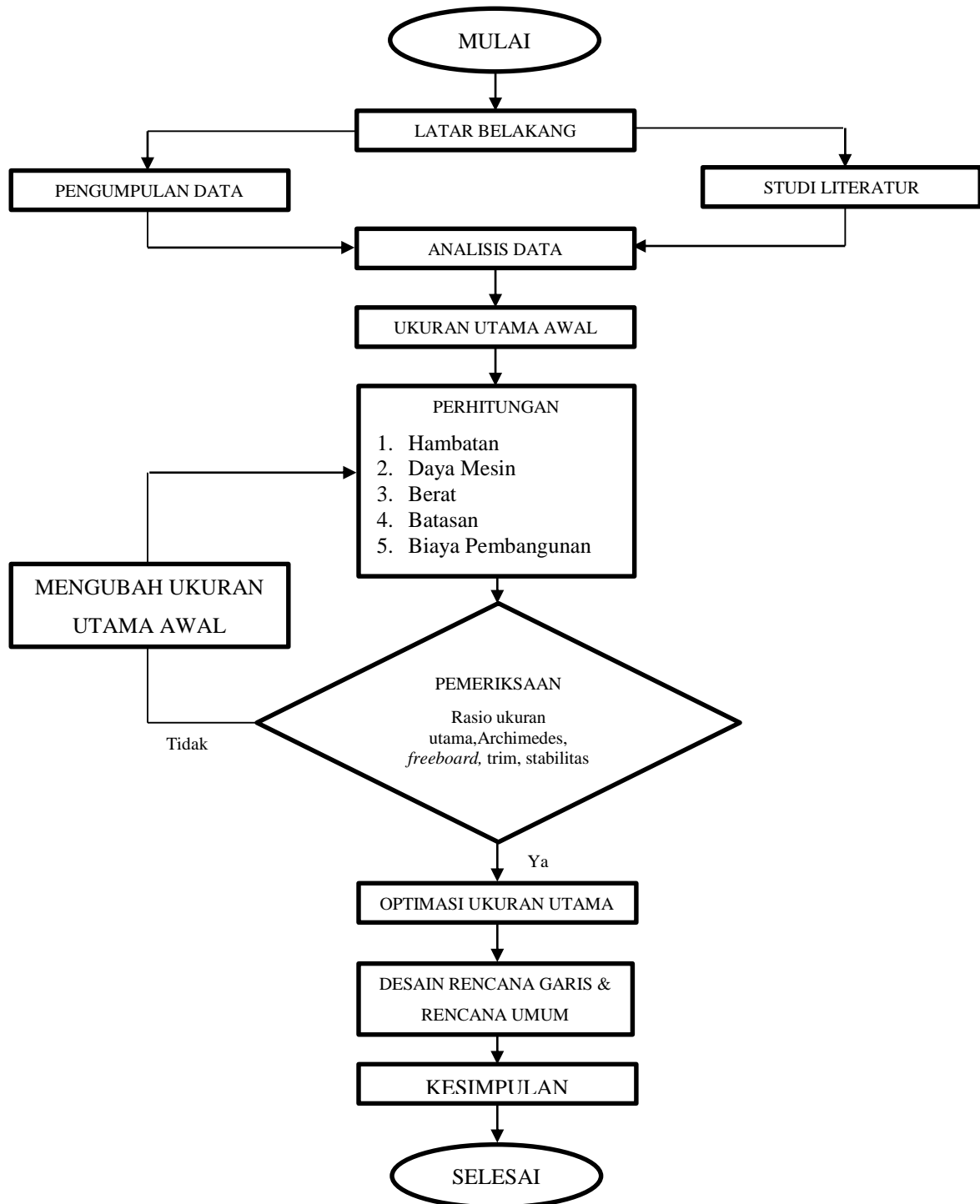
- Penentuan volume ruang muat berdasarkan jenis dan jumlah muatan yang dimuat.
- Metode penyimpanan dan bongkar muat muatan.
- Penentuan volume ruangan untuk kamar mesin berdasarkan jenis dan dimensi mesin.
- Penentuan volume ruangan akomodasi berdasarkan jumlah *crew*, penumpang dan standar akomodasi.
- Penentuan volume tangki-tangki terutama untuk bahan bakar dan ballast berdasarkan jenis mesin, jenis bahan bakar, dan radius pelayaran.
- Penentuan pembagian dan pembatasan jarak sekat melintang.
- Penentuan dimensi kapal (L, B, H, dan T).
- Lines plan yang telah dibuat sebelumnya.

Setelah semua langkah tersebut dipenuhi dan desain kapal sudah jadi maka diperlukan pengecekan kembali atas ukuran-ukuran utama apakah sudah sesuai dengan yang ditentukan atau belum

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

III.1 Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian Tugas Akhir



Gambar III.1 Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian Tugas Akhir

III.2 Langkah-langkah Pelaksanaan Penelitian Tugas Akhir

III.2.1 Studi Literatur

Tahap pertama yang dilakukan dalam pengerjaan tugas akhir ini yaitu studi literatur. Studi literatur adalah teori-teori yang akan digunakan dalam menyelesaikan tugas akhir serta untuk lebih memahami permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini. Referensi-referensi untuk mengerjakan tugas akhir ini didapat dari buku, jurnal ilmiah, *paper*, tugas akhir sebelumnya yang masih berkaitan, serta *browsing* dari internet.

III.2.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data disini merupakan data-data yang akan menjadi dasar untuk melakukan proses perancangan atau desain kapal perintis ini. Data-data yang dibutuhkan untuk pengerjaan tugas akhir ini yaitu,

- Data jumlah penumpang

Data jumlah penumpang dan barang ini digunakan untuk menentukan komposisi antara penumpang dan barang. Data-data tersebut dapat dicari dari berbagai referensi seperti internet dan badan pusat statistik.

- Data kapal *existing*

Data kapal *existing* digunakan sebagai referensi dalam mendesain kapal penumpang barang ini dan juga sebagai bahan pertimbangan dalam menentukan *design requirements*.

- Data jarak rute trayek R-12

Data jarak rute pelayaran trayek R-12 didapatkan dari dokumen pengadaan kapal penumpang barang ini.

Data-data tersebut diperoleh dari beberapa literatur atau referensi yang ada di internet, *text book*, artikel, jurnal, diktat dan lain sebagainya.

III.2.3 Analisis Data

Analisis data dilakukan setelah data-data yang telah terkumpul dari beberapa sumber referensi telah terkumpul. Analisis ini dilakukan untuk mendapatkan jumlah rencana muatan (penumpang dan barang) dan parameter-parameter lain yang digunakan sebagai batasan dalam pencarian data kapal pembanding untuk langkah selanjutnya. Analisis data ini dapat dikatakan sebagai langkah untuk mendapatkan *design requirement*.

III.2.4 Ukuran Utama Awal

Untuk mendapatkan ukuran utama awal kapal menggunakan data kapal pembanding yang diolah dengan menggunakan metode statistik, yaitu metode yang menggunakan data-data dari kapal penumpang barang yang di dapat dari berbagai referensi. Parameter yang digunakan untuk mendapatkan data kapal pembanding yaitu dari nilai *deadweight*. Dari data kapal pembanding tersebut dilakukan pengolahan data untuk mendapatkan persamaan dan nilai regresi linier yang nantinya akan digunakan sebagai dasar untuk menentukan ukuran utama awal kapal. Setelah mendapat ukuran utama awal kapal maka dilakukan pemeriksaan terhadap perbandingan ukuran utama. Nilai-nilai dari perbandingan ini akan digunakan sebagai salah satu batasan dalam melakukan proses optimasi untuk mendapatkan ukuran utama (*final*) kapal.

III.2.5 Perhitungan Teknis

Tahap selanjutnya setelah mendapatkan ukuran utama kapal yaitu perhitungan teknis dari ukuran utama tersebut. Perhitungan teknis ini dilakukan dengan bantuan *software Microsoft Excel*. Perhitungan teknis ini meliputi: perhitungan hambatan, perhitungan daya yang dibutuhkan, perhitungan berat dan titik berat, perhitungan batasan-batasan dan estimasi biaya pembangunan kapal yang nantinya akan digunakan sebagai batasan dalam proses optimasi.

III.2.6 Pemeriksaan

Pada tahap ini dilakukan pemeriksaan terhadap batasan-batasan yang akan digunakan untuk proses optimasi. Batasan-batasan tersebut yaitu perbandingan atau rasio ukuran utama, Archimedes, *freeboard* atau lambung timbul, trim serta stabilitas. Pemeriksaan ini didasarkan pada kriteria-kriteria dari masing-masing batasan. Jika semua batasan telah memenuhi kriteria desain, maka dilanjutkan dengan proses optimasi. Sedangkan jika tidak memenuhi kriteria desain, maka dilakukan iterasi perhitungan dengan mengganti ukuran utama awal kapal.

III.2.7 Ukuran Utama Optimal

Untuk mendapatkan ukuran utama yang optimal dilakukan proses yang disebut optimasi. Optimasi ukuran utama dalam tugas akhir ini menggunakan *Solver* yang terdapat di dalam *Microsoft Excel*. Dengan *objective function*, batasan, konstanta yang telah didapatkan dari perhitungan teknis dan pemeriksaan.

III.2.8 Desain Rencana Garis

Desain Rencana garis dibuat dengan menggunakan software Maxsurf yang telah dibagi menjadi 3 potongan (*body plan*, *sheer plan* dan *half breadth plan*). Potongan-potongan bentuk badan kapal yang telah sesuai dengan hasil perhitungan, di *export* ke dalam bentuk dxf untuk disempurnakan ke dalam *AutoCAD*.

III.2.9 Desain Rencana Umum

Dari rencana garis yang telah dibuat maka tahap selanjutnya yaitu membuat rencana umum dengan bantuan *software AutoCAD student version*. Rencana umum merupakan perencanaan ruangan yang dibutuhkan sesuai dengan fungsinya, misalnya: ruang penumpang, ruang akomodasi, dll.

III.2.10 Kesimpulan

Setelah semua tahap selesai dilaksanakan maka selanjutnya ditarik kesimpulan dari analisis dan perhitungan dimana kesimpulan berupa ukuran utama kapal beserta gambar rencana garis dan rencana umum serta estimasi biayanya pembangunan. Hal ini akan menunjukkan hasil utama dari proses desain ini.

BAB IV

ANALISIS TEKNIS

IV.1 *Owner's Requirements*

Owner Requirements merupakan hal utama yang akan digunakan untuk mendesain kapal. *Owner Requirements* berisi tentang permintaan yang nantinya akan menjadi dasar bagi seorang desainer kapal. *Owner requirements* meliputi tipe kapal, *payload*, kecepatan, rute. Dalam hal ini *payload* (muatan bersih) adalah jumlah penumpang dan barang.

IV.1.1 Penentuan Jumlah Penumpang

Payload dalam kapal penumpang barang ini adalah jumlah penumpang dan barang. Dalam menentukan jumlah penumpang dilakukan dengan mencari data-data jumlah penumpang dari masing-masing pelabuhan yang dilalui oleh rute trayek R-12 meliputi Pelabuhan Tanjung Emas Semarang, Pelabuhan Kartini Jepara, Pelabuhan Karimunjawa, Pelabuhan Sukamara dan Pelabuhan Kuala Pembuang. Dalam menentukan jumlah penumpang tersebut, terlebih dahulu dilakukan perhitungan rata-rata penumpang per kapal per tahun dan dibuat grafik yang nantinya akan digunakan sebagai dasar dalam menentukan jumlah penumpang. Hasil rata-rata penumpang yang disajikan dalam tabel-tabel di bawah ini menunjukkan hasil yang kurang proporsional tetapi hasil rata-rata tersebut tetap digunakan untuk menentukan jumlah kapasitas penumpang yang diperoleh dari masing-masing pelabuhan. Hasil rekapitulasi jumlah penumpang dari masing-masing pelabuhan dapat dilihat pada Tabel IV.6 yang terdapat di belakang.

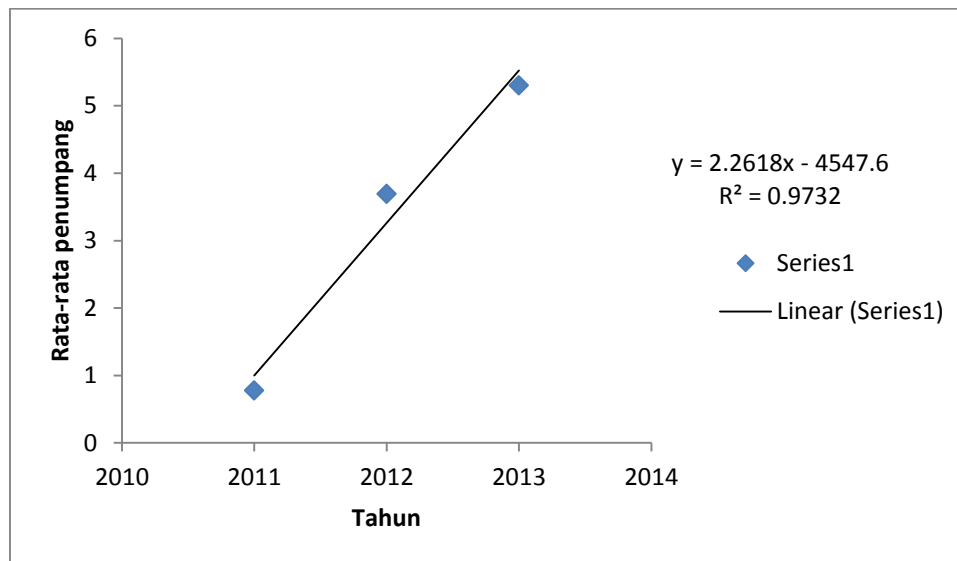
1. Pelabuhan Tanjung Emas Semarang

Data jumlah penumpang dan kapal di Pelabuhan Tanjung Emas Semarang adalah sebagai berikut :

Tabel IV.1 Jumlah penumpang dan kapal di Pelabuhan Tanjung Emas Semarang
(Sumber : Kantor Kesyahbandaran dan Otoritas Pelabuhan Kelas I Tanjung Emas)

Tahun	Jumlah		Rata-rata
	Penumpang	Kapal	Penumpang
2011	119	152	0,783
2012	521	141	3,695
2013	727	137	5,307

Berdasarkan data di atas maka dapat dibuat grafik rata-rata pertumbuhan jumlah penumpang di Pelabuhan Tanjung Emas Semarang. Berikut grafik pertumbuhan penumpang di Pelabuhan Tanjung Emas Semarang



Gambar IV.1 Grafik rata-rata jumlah penumpang per kapal di Pelabuhan Tanjung Emas Semarang

Dari grafik di atas, dilakukan analisis regresi linier sehingga didapatkan nilai R^2 dan persamaan yang digunakan untuk menentukan jumlah penumpang. Rumus persamaan yang diperoleh yaitu $y = 2,2618x - 4547,6$. Setelah itu dilanjutkan dengan mencari kapasitas penumpang dengan memasukkan nilai 2015 (tahun) pada variabel x . Berikut adalah perhitungannya

$$\begin{aligned}
 y &= 2,2618x + 4547,6 \\
 &= 2,2618 (2015) + 4547,6 \\
 &= 3,427
 \end{aligned}$$

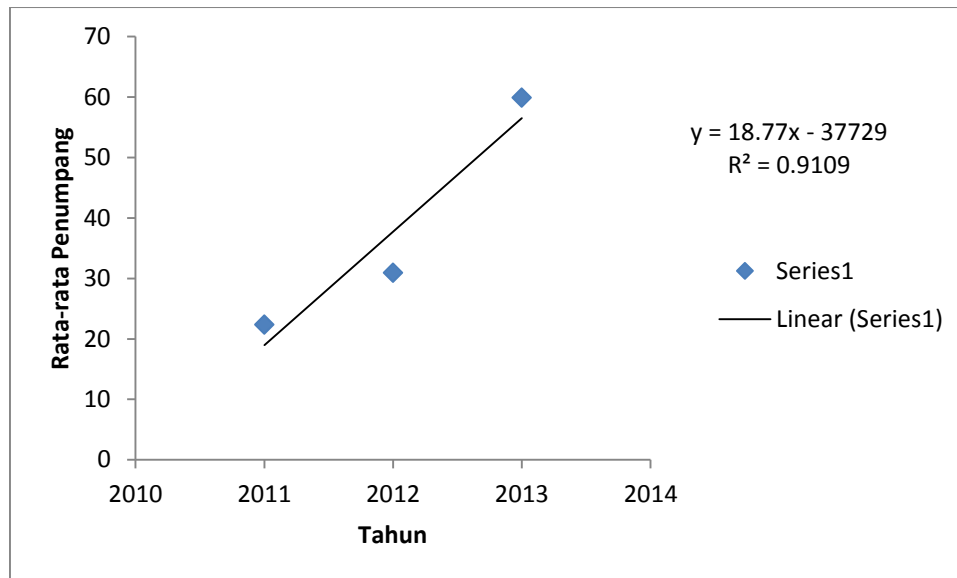
2. Pelabuhan Kartini Jepara

Data jumlah penumpang dan kapal di Pelabuhan Kartini Jepara adalah sebagai berikut :

Tabel IV.2 Jumlah penumpang dan kapal di Pelabuhan Jepara
(Sumber : Kantor Pelabuhan Jepara)

Tahun	Jumlah		Rata-rata
	Penumpang	Kapal	Penumpang
2011	29915	1339	22,341
2012	57243	1850	30,942
2013	56469	943	59,882

Data tersebut juga akan dibuat grafik untuk dilakukan analisis regresi linier dan mendapatkan persamaan yang nantinya digunakan sebagai perhitungan penentuan jumlah penumpang. Berikut adalah grafik dan perhitungan jumlah penumpang di Pelabuhan Kartini Jepara



Gambar IV.2 Grafik rata-rata jumlah penumpang per kapal di Pelabuhan Kartini Jepara

Dari grafik tersebut didapatkan persamaan $y = 18,77x - 37729$, maka jumlah penumpang di Pelabuhan Kartini Jepara

$$\begin{aligned}
 y &= 18,77x - 37729 \\
 &= 18,77 (2015) - 37729 \\
 &= 92,55
 \end{aligned}$$

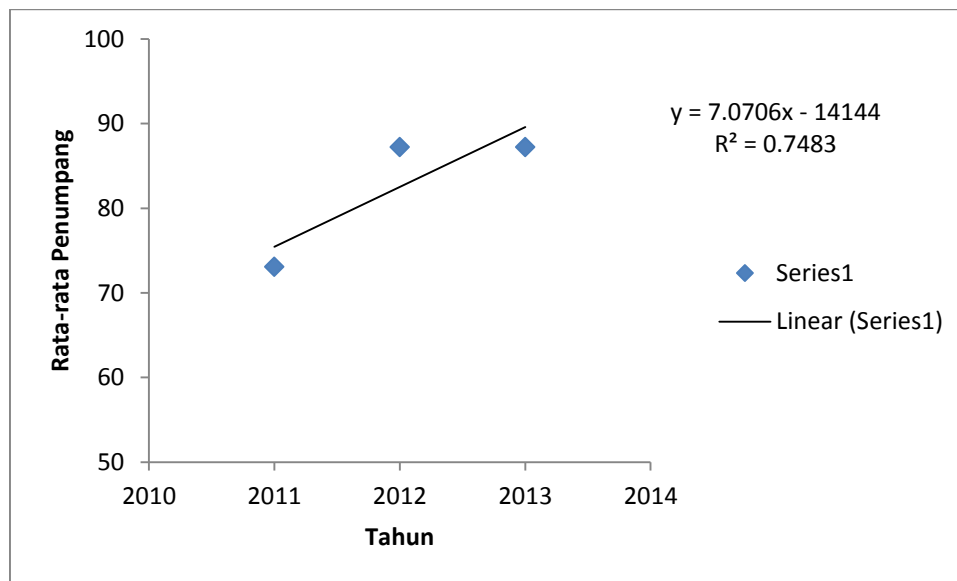
3. Pelabuhan Karimunjawa

Data jumlah penumpang dan kapal di Pelabuhan Karimunjawa adalah sebagai berikut :

Tabel IV.3 Jumlah penumpang dan kapal di Pelabuhan Karimunjawa
(Sumber : Kantor Pelabuhan Karimunjawa)

Tahun	Jumlah		Rata-rata
	Penumpang	Kapal	Penumpang
2011	36399	498	73,090
2012	62568	717	87,264
2013	61760	708	87,232

Grafik rata-rata jumlah penumpang di Pelabuhan Karimunjawa adalah sebagai berikut



Gambar IV.3 Grafik rata-rata jumlah penumpang per kapal di Pelabuhan Karimunjawa

Persamaan yang diperoleh dari grafik tersebut yaitu $y = 7,0706x - 14144$, maka jumlah penumpang di Pelabuhan Karimunjawa

$$\begin{aligned}
 y &= 7,0706x - 14144 \\
 &= 7,0706 (2015) - 14144 \\
 &= 103,259
 \end{aligned}$$

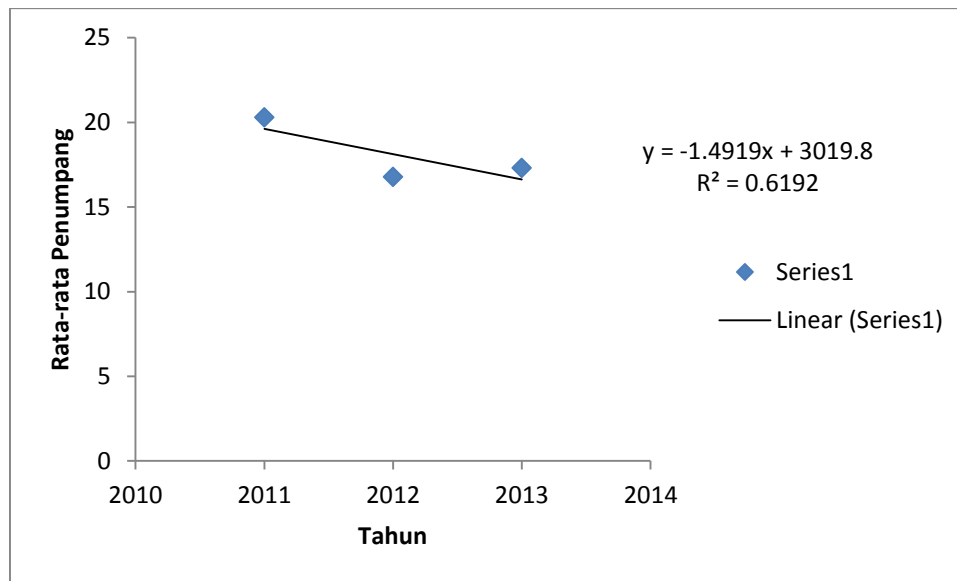
4. Pelabuhan Sukamara

Data jumlah penumpang dan kapal di Pelabuhan Sukamara adalah sebagai berikut :

Tabel IV.4 Jumlah penumpang dan kapal di Pelabuhan Sukamara
(Sumber : Kesyahbandaran dan Otoritas Pelabuhan Kelas V Sukamara)

Tahun	Jumlah		Rata-rata
	Penumpang	Kapal	Penumpang
2011	1096	54	20,296
2012	604	36	16,778
2013	554	32	17,313

Berdasarkan data di atas maka dapat dibuat grafik rata-rata jumlah penumpang di Pelabuhan Sukamara. Berikut grafik pertumbuhan penumpang di Pelabuhan Sukamara



Gambar IV.4 Grafik rata-rata jumlah penumpang per kapal di Pelabuhan Sukamara

Persamaan yang diperoleh dari grafik tersebut yaitu $y = -1,4919x + 3019,8$, maka jumlah penumpang di Pelabuhan Sukamara

$$\begin{aligned}
 y &= -1,4919x + 3019,8 \\
 &= -1,4919 (2015) + 3019,8 \\
 &= 13,622
 \end{aligned}$$

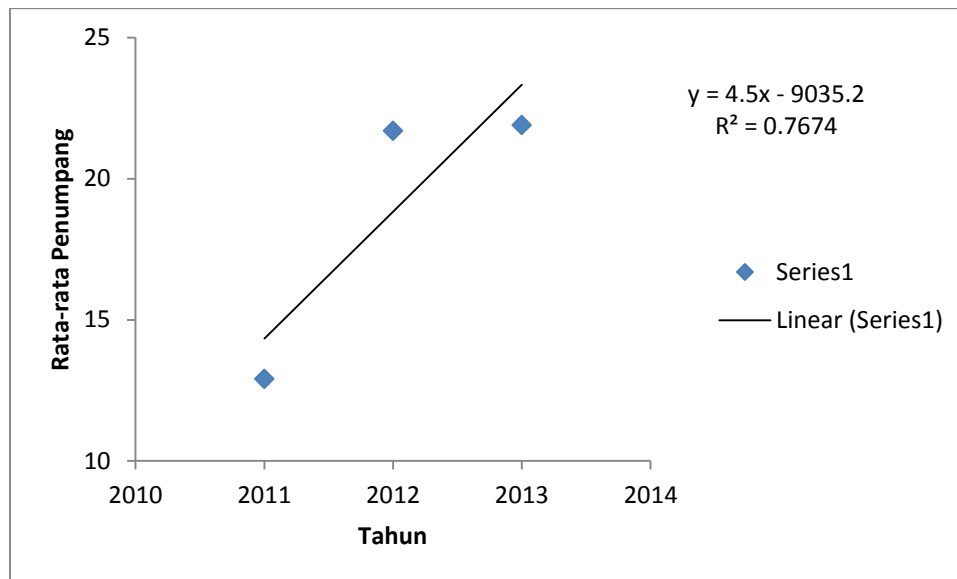
5. Pelabuhan Kuala Pembuang

Data jumlah penumpang dan kapal di Pelabuhan Kuala Pembuang sebagai berikut :

Tabel IV.5 Jumlah penumpang dan kapal di Pelabuhan Kuala Pembuang
(Sumber : Kantor Administrasi Pelabuhan (ADPEL) Kuala Pembuang)

Tahun	Jumlah		Rata-rata
	Penumpang	Kapal	Penumpang
2011	142	11	12,909
2012	217	10	21,7
2013	241	11	21,909

Grafik rata-rata jumlah penumpang di Pelabuhan Kuala Pembuang adalah sebagai berikut



Gambar IV.5 Grafik rata-rata jumlah penumpang per kapal di Pelabuhan Kuala Pembuang

Persamaan yang diperoleh dari grafik tersebut yaitu $y = 4,5x + 9035,2$, maka jumlah penumpang di Pelabuhan Sukamara

$$\begin{aligned}
 y &= 4,5x + 9035,2 \\
 &= 4,5 (2015) + 9035,2 \\
 &= 32,3
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan jumlah penumpang yang diperoleh dari masing-masing pelabuhan maka dapat dibuat rekapitulasi seperti pada Tabel IV.6 di bawah ini

Tabel IV.6 Rekapitulasi Jumlah Penumpang

No	Pelabuhan	Jumlah Penumpang
1	Pelabuhan Tanjung Emas Semarang	3,427
2	Pelabuhan Kartini Jepara	92,55
3	Pelabuhan Karimunjawa	103.259
4	Pelabuhan Sukamara	13,622
5	Pelabuhan Kuala Pembuang	32,3
Total Penumpang		248.258

Dari hasil rekapitulasi di atas didapatkan jumlah total penumpang 248,258 dan dibulatkan menjadi 250 orang.

IV.1.2 Penentuan Kapasitas Muatan Barang

Payload kapal ini terdiri dari penumpang dan barang. Penentuan kapasitas muatan dilakukan setelah perhitungan komponen DWT yang meliputi berat kebutuhan *consumables* dan *payload* telah selesai dilaksanakan. Berikut adalah perhitungan kapasitas barang

1. Penumpang dan kru

Jumlah penumpang	= 250 orang
Jumlah kru	= 18 orang
Berat penumpang + kru	= 20.1 ton (asumsi rata-rata berat badan 75 kg/orang)
Berat barang bawaan	= 13.4 ton (asumsi berat barang bawaan 50 kg/orang)
Total berat	= 33.5 ton

2. Barang

Berat total DWT	= 350 ton
Berat <i>consumables</i>	= 179.972 ton
Total berat penumpang + kru	= 33.5 ton
Sehingga,	
Berat muatan barang	= $350 - (179.972 + 33.5)$ = 136.528 ton

IV.1.3 Penentuan Kecepatan Kapal

Rute trayek R-12 ini memiliki total jarak 1238 mil dan direncanakan untuk 1 kali trip membutuhkan lama waktu 5 hari atau 120 jam, sehingga kecepatan kapal yang didesain sebesar

$$\begin{aligned}\text{Kecepatan} &= 1238 / 120 \\ &= 10.317 \text{ knot} \\ &= 11 \text{ knot (dibulatkan)}\end{aligned}$$

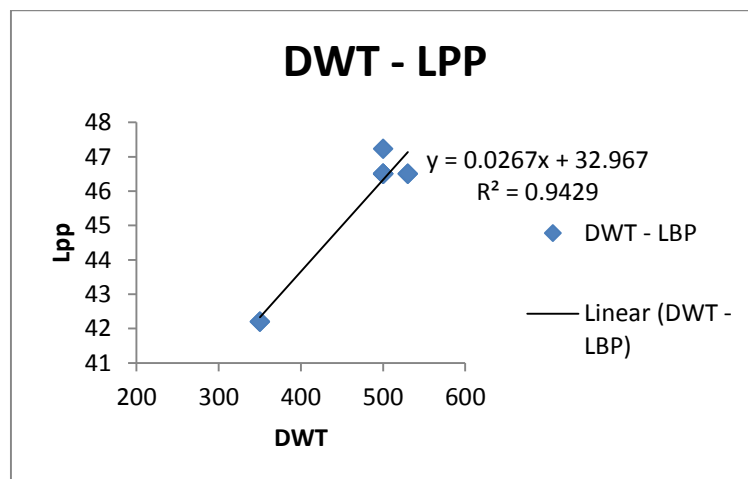
IV.2 Penentuan Ukuran Utama Awal

Metode yang digunakan dalam penentuan ukuran utama awal kapal menggunakan metode statistik, yaitu berdasarkan data-data kapal pembanding yang didapatkan dari berbagai referensi. Berikut adalah data kapal-kapal pembanding yang digunakan

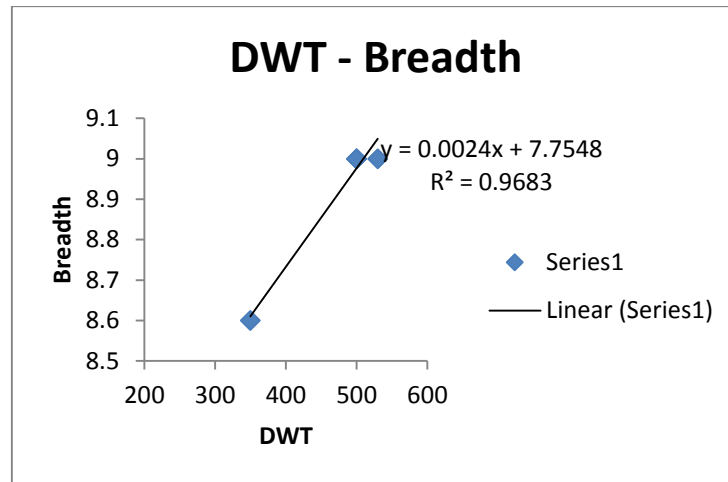
Tabel IV.7 Data kapal pemanding

No.	Nama Kapal	Bendera	DWT (ton)	GT	LOA (m)	LPP (m)	B (m)	H (m)	T (m)
1	BUKIT PATUNG	Indonesia	350	644	47	42.2	8.6	4.1	3.04
2	PAPUA ENAM	Indonesia	350	644	47	42.2	8.6	4.1	3.04
3	AMUKTI PALAPA	Indonesia	500	745	51	46.5	9	4.5	3.2
4	BANDA NAIRA	Indonesia	500	745	51	46.5	9	4.5	3.2
5	ENTEBE EXPRESS	Indonesia	500	745	51	47.23	9	4.5	3.2
6	KIE RAHA-II	Indonesia	500	745	51	46.5	9	4.5	3.2
7	KIE RAHA-III	Indonesia	500	745	51	46.5	9	4.5	3.2
8	MALOLI	Indonesia	529.9	745	51	46.5	9	4.5	3.2
9	PAPUA LIMA	Indonesia	529.9	745	51	46.5	9	4.5	3.2

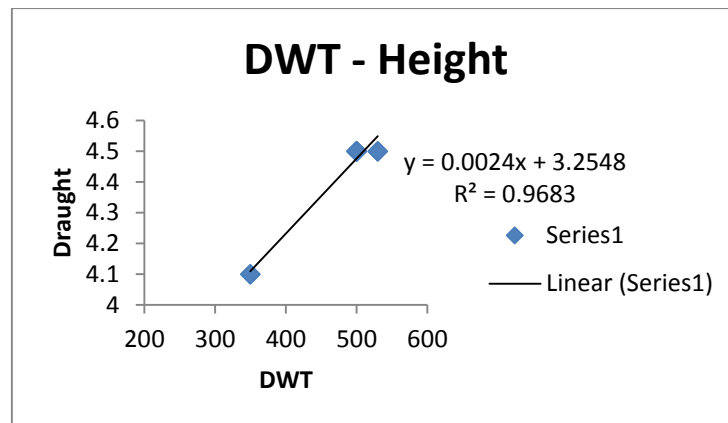
Berdasarkan dari Tabel IV.7 di atas, maka dilakukan analisis regresi untuk mendapatkan persamaan yang akan digunakan untuk menentukan ukuran utama awal kapal. Di bawah ini adalah grafik-grafik yang dihasilkan



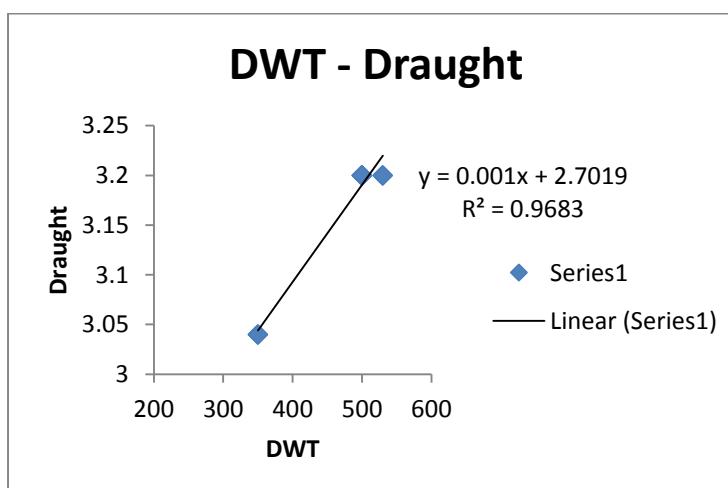
Gambar IV.6 Grafik DWT – Lpp



Gambar IV.7 Grafik DWT – B



Gambar IV.8 Grafik DWT – H



Gambar IV.9 Grafik DWT – T

Dari persamaan garis yang didapat maka dapat ditentukan ukuran utama awal dengan memasukkan nilai 350 DWT. Maka ukuran awal kapal penumpang barang adalah

$$\begin{aligned}
 \checkmark \quad L_{ppo} &= 0.0267x + 32.967 \\
 &= 0.0267 (350) + 32.967 \\
 &= 41.462 \text{ meter} \\
 \checkmark \quad B_o &= 0.0024x + 7.7548 \\
 &= 0.0024 (350) + 7.7548 \\
 &= 8.518 \text{ meter} \\
 \checkmark \quad H_o &= 0.0024x + 3.2548 \\
 &= 0.0027 (350) + 3.2548 \\
 &= 4.018 \text{ meter} \\
 \checkmark \quad T_o &= 0.001x + 2.7019 \\
 &= 0.001 (350) + 2.7019 \\
 &= 3.02 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

Berikut rekapitulasi dari perhitungan diatas :

Tabel IV.8 Ukuran utama awal kapal

No	Dimensi	Besar	Satuan
1	Lppo	41.462	m
2	Bo	8.518	m
3	Ho	4.018	m
4	To	3.02	m

IV.3 Perhitungan Awal

IV.3.1 Froude Number (Fn)

Merupakan sebuah bilangan tak bersatuan yang digunakan untuk mengukur resistensi dari sebuah benda yang bergerak melalui air, dan membandingkan benda-benda dengan ukuran yang berbeda-beda. Dinamakan sesuai dengan penemunya William Froude. Bilangan ini didasarkan pada kecepatan/beda jarak. Dari perhitugan ukuran utama yang optimal didapat harga Fn (Lewis, 1988):

$$\begin{aligned}
 F_n &= \frac{v}{\sqrt{g.L}} & \text{dimana } v &= \text{Kecepatan dinas} \\
 &= 0.278 & &= 5.658 \text{ m/s} \\
 & & g &= 9.81 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

IV.3.2 Koefisien *Block* (Cb)

Adalah perbandingan volume yang tercelup dalam fluida dengan panjang, lebar, dan sarat. Dari perhitungan ukuran utama optimal didapat harga Cb (Parson, 2011):

$$\begin{aligned} C_b &= -4.22 + 27.8 \sqrt{Fn} - 39.1 Fn + 46.4 Fn^2 \\ &= 0.65 \end{aligned}$$

IV.3.3 Koefisien *Midship* (Cm)

Adalah pebandingan luas *midship* yang tercelup dalam fluida dengan lebar, dan sarat. Dari perhitungan ukuran utama didapat harga Cm (Parson, 2011):

$$\begin{aligned} C_m &= 0.977 + 0.085 (C_b - 0.6) \\ &= 0.981 \end{aligned}$$

IV.3.4 Koefisien Perismatik (Cp)

Adalah perbandingan Cb dengan Cm. Dari perhitungan ukuran utama didapat harga Cp (Dokkum, 2003)

$$\begin{aligned} C_p &= C_b / C_m \\ &= 0.662 \end{aligned}$$

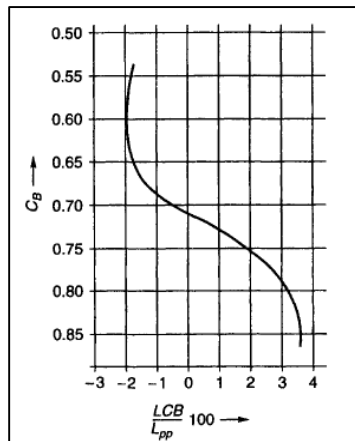
IV.3.5 Koefisien *Waterplan* (Cwp)

Adalah perbandingan luas *waterplan* pada sarat dengan panjang dan lebar. Dari perhitungan ukuran utama didapat harga Cwp (Parson,2011):

$$\begin{aligned} C_{wp} &= 0.262 + 0.81 C_p \\ &= 0.799 \end{aligned}$$

IV.3.6 *Longitudinal Center of Bouyancy* (LCB)

Adalah jarak titik gaya angkat secara memanjang. Dari perhitungan yang optimal didapat harga LCB (Schneekluth, 1998):



Gambar IV.10 Grafik %LCB - Cb

Persentase LCB

$$\% \text{ LCB} = -1.7$$

LCB diukur dari *midship*

$$\text{LCB} = \% \text{ LCB} \times (L/100)$$

$$L = L_{pp} = 42.2 \text{ m}$$

Maka

$$\text{LCB} = 0.717 \text{ dibelakang } \textit{midship}$$

LCB diukur dari Fp

$$\begin{aligned} \text{LCB} &= (0.5 \times L) - \text{LCB dari } \textit{midship} \\ &= 20.383 \text{ m dari Fp} \end{aligned}$$

IV.3.7 Displacement

Perhitungan displacement pada penelitian ini dapat menggunakan rumus berikut (Dokkum, 2003):

Volume displacement

$$\begin{aligned} V &= L_{pp} \times B \times T \times C_b \\ &= 745.815 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Berat displacement

$$\begin{aligned} \Delta &= V \times \gamma \\ &= 764.460 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\text{Dimana } \gamma = 1.025 \text{ ton/m}^3$$

IV.4 Perhitungan Hambatan dan Daya Kapal

IV.4.1 Perhitungan Hambatan Total

Perhitungan hambatan kapal penumpang barang ini menggunakan metode Holtrop yang terdapat dalam *Principles of Naval Architecture Second Revision, Volume II, Resistance, Propulsion and Vibration* dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Perhitungan Hambatan Gelombang (R_w/W)

$$R_w/W = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot e^{m_1 F_n^d + m_2 \cos(\lambda \cdot F_n - 2)}$$

Nilai dari koefisien-koefisien pada rumus di atas, dapat dihitung berdasarkan rumus-rumus sebagai berikut:

- Koefisien C_1

$$C_1 = 2223105 \cdot C_4^{3,7861} (T/B)^{1,0796} (90 - i_E)^{-1,3757}$$

Dimana :

$$C_4 = B/L \quad \text{Untuk } 0,11 \leq B/L \leq 0,25$$

$$C_4 = B/L$$

$$= 8.6 / 43.888$$

$$= 0.204$$

$$i_E = 125.67 B/L - 162.25 C_p^2 + 234.82 C_p^3 + 0.1551 (LCB + (6.8 (T_a - T_f)/T))^3$$

$$= 125.67 \times 0.204 - 162.25 \times 0.662^2 + 234.82 \times 0.662^3 + 0.1551 (0.717 + (6.8 (3.04 - 3.04)/3.04))^3$$

$$= 21.558$$

$$C_1 = 2223105 \cdot C_4^{3,7861} (T/B)^{1,0796} (90 - i_E)^{-1,3757}$$

$$= 2223105 \cdot 0.204^{3,7861} (3.04/8.6)^{1,0796} (90 - 21.558)^{-1,3757}$$

$$= 4.51$$

- Koefisien C_2

$$C_2 = e^{(-1.89) A_{bt} \cdot R_b / B \cdot T (R_b + i)}$$

$$= 1 \text{ (tanpa bulbous bow)}$$

- Koefisien C_3

$$C_3 = 1 - (0.8 A_T / B \cdot T \cdot C_m)$$

$$= 1$$

- Koefisien C_5

$$\begin{aligned} C_5 &= 1.7031 - 0.7067 C_p \\ &= 1.7031 - 0.7067 \times 0.662 \\ &= 1.235 \end{aligned}$$

- Koefisien C_6

C_6 = koefisien pengaruh terhadap harga L^3/∇

$$\begin{aligned} L^3/\nabla &= 43.888^3 / 745.815 \\ &= 113.346 \quad (L^3/\nabla \leq 512) \end{aligned}$$

$$C_6 = -1.69385$$

- Koefisien m_1

$$\begin{aligned} m_1 &= 0.01404 L/T - 1.7525 \nabla^{1/3}/L - 4.7932 B/L - C_5 \\ &= 0.01404 (43.888/3.04) - 1.7525 (745.815^{1/3}/43.888) - 4.7932 (8.6/43.888) - \\ &\quad 1.235 \\ &= -2.334 \end{aligned}$$

- Koefisien m_2

$$\begin{aligned} m_2 &= 0.4 C_6 e^{-0.034 \times Fn^{(-3.29)}} \\ &= 0.4 \times -1.69385 e^{-0.034 \times 0.303^{(-3.29)}} \\ &= -0.12128 \end{aligned}$$

- Koefisien λ

λ = koefisien pengaruh terhadap harga L/B

$$L/B = 4.907 \quad (L/B \leq 12)$$

$$\begin{aligned} \lambda &= 1.446 C_p - 0.03 L/B \\ &= 1.446 \times 0.662 - 0.03 \times 4.907 \\ &= 0.817 \end{aligned}$$

- Perhitungan W

$$\begin{aligned} W &= \rho \cdot g \cdot \nabla \\ &= 1.025 \times 9.81 \times 745.815 \\ &= 7499.36 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$R_w/W = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot e^{m_1 Fn^d + m_2 \cos(\lambda \cdot Fn^2)}$$

$$\begin{aligned} R_w/7499.36 &= 4.51 \times 1 \times 1 \times e^{-2.334 \cdot 0.303^{0.9} + -0.12128 \cos(0.817 \cdot 0.303^2)} \\ &= 0.0048998 \end{aligned}$$

$$R_w = 36.745 \text{ kN}$$

2. Perhitungan Koefisien Faktor Bentuk (1+k)

$$1+k = 1 + k_1 + (1 + k_2 - (1 + k_1)) \cdot S_{app}/S_{tot}$$

Nilai dari koefisien-koefisien di atas dihitung berdasarkan rumus-rumus berikut :

- Perhitungan $1 + k_1$

$$1+k_1 = 0,93+0,4871 \cdot c \cdot (B/L)^{1,0681} \cdot (T/L)^{0,4611} \cdot (L/L_R)^{0,1216} (L^3/\nabla)^{0,364} (1-C_P)^{-0,6042}$$

besarnya konstanta c menunjukkan fungsi dari bentuk buritan atau *stern* kapal.

$$c_{stern} = -25, \text{ untuk pram dengan gondola}$$

$$c_{stern} = -10, \text{ untuk potongan bentuk V}$$

$$c_{stern} = 0, \text{ untuk bentuk potongan normal}$$

$$c_{stern} = +10, \text{ untuk potongan bentuk U dengan stern Hogner}$$

$$c = 1 + 0,011 \cdot C_{stern} \quad ; C_{stern} = 0$$

$$= 1 + 0,011 \cdot 0.$$

$$= 1$$

Harga L/L_R didapatkan dari rumus di bawah ini :

$$L/L_R = 1 - C_P + 0.06 C_P LCB / (4 C_P - 1)$$

$$= 1 - 0.662 + 0.06 \times 0.662 \times 0.717 / (4 \times 0.662 - 1)$$

$$= 0.222$$

Sehingga,

$$1+k_1 = 0.93 + 0.4871 \times 1 (8.6/43.888)^{1,0681} (3.04/43.888)^{0,4611} (0.222)^{0,1216}$$

$$(43.888^3/745.815)^{0,364} (1-0.662)^{-0,6042}$$

$$= 1.26$$

- Perhitungan $1 + k_2$

$1 + k_2$ merupakan koefisien akibat pengaruh tonjolan-tonjolan yang terdapat pada lambung kapal di bawah permukaan garis air. Nilai $1 + k_2$ dapat dilihat pada Tabel IV.9 di bawah ini

Tabel IV.9 Nilai $1+k_2$

Type of appendage	Value of $(1 + k_2)$
Rudder of single-screw ship	1.3 to 1.5
Spade-type rudders of twin-screw ships	2.8
Skeg-rudders of twin-screw ships	1.5 to 2.0
Shaft brackets	3.0
Bossings	2.0
Bilge keels	1.4
Stabilizer fins	2.8
Shafts	2.0
Sonar dome	2.7

Untuk Rudder : $S = 4.490 \text{ m}^2$

$$1 + k_2 = 1.5$$

Untuk Bilge keel : $S = 27.386 \text{ m}^2$

$$1 + k_2 = 1.4$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi, } (1 + k_2)_{\text{effective}} &= \sum s_i (1+k_2)_i / \sum s_i \\ &= 1.414 \end{aligned}$$

- Perhitungan Luas Permukaan Basah (WSA) badan kapal

$$\begin{aligned} \text{WSA} &= L (2T + B) C_M^{0.5} (0.4530 + 0.4425C_B - 0.2862C_M - 0.003467B/T + \\ &\quad 0.3696C_{WP}) + 2.38A_{BT}/C_B \\ &= 43.888 (2 \times 3.04 + 8.6) 0.981^{0.5} (0.4530 + 0.4425 \times 0.65 - 0.2862 \times \\ &\quad 0.981 - 0.003467 (8.6/3.04) + 0.3696 \times 0.799) + 2.38 \times 0 \\ &= 475.57 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Perhitungan luas permukaan basah tonjolan pada kapal (S_{app})

$$S_{app} = S_{\text{rudder}} + S_{\text{bilge keel}}$$

$$S_{\text{rudder}} = C_1 C_2 C_3 C_4 ((1.75 L.T)/100)$$

$$C_1 = 1, \text{ for general}$$

$$C_2 = 1, \text{ for semi-spade ruuder}$$

$$C_3 = 1, \text{ for NACA profile and plate ruuder}$$

$$C_4 = 1, \text{ for rudder in the propeller jet}$$

$$S_{\text{rudder}} = 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times ((1.75 \times 43.888 \times 3.04)/100) \\ = 4.490 \text{ m}^2$$

$$S_{\text{bilge keel}} = 0.6 C_b L (0.18/(C_b-0.2)) \\ = 0.6 \times 0.65 \times 43.888 \times (0.18/(0.65-0.2)) \\ = 27.386 \text{ m}^2$$

$$S_{\text{app}} = 4.490 + 27.386 \\ = 31.876 \text{ m}^2$$

Sehingga Luas Permukaan Basah total,

$$S_{\text{total}} = WSA + S_{\text{app}} \\ = 475.57 + 31.876 \\ = 507.446 \text{ m}^2$$

Jadi harga $1 + k$ adalah

$$1 + k = 1.26 + (1.414 - 1.26) \times 31.876/507.446 \\ = 1.270$$

3. Perhitungan Koefisien Gesek (C_f)

$$C_f = 0.075/(\log R_n - 2)^2$$

- Perhitungan Reynold Number (R_n)

$$R_n = V \times L_{wl} / \nu \quad \nu = \text{viskositas kinematis} \\ = 6.173 \times 43.89 / 1.1883 \times 10^{-6} \quad = 1.1883 \times 10^{-6} \\ = 287458112$$

Sehingga,

$$C_f = 0.075 / (\log R_n - 2)^2 \\ = 0.075 / (\log 287458112 - 2)^2 \\ = 0.0017980$$

4. Perhitungan C_A

$$C_A = 0.006 (L_{WL} + 100)^{-0.16} - 0.00205 \quad ; \text{ untuk } T/L_{WL} > 0.04$$

$$T/L_{WL} = 0.069$$

$$C_A = 0.006 (43.888 + 100)^{-0.16} - 0.00205 \\ = 0.000659364$$

5. Perhitungan Hambatan Total (R_T)

Perhitungan hambatan total didapatkan dari rumus berikut :

$$\begin{aligned} R_T &= \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot S_{\text{tot}} (C_F (1+k) + C_A) + R_W / W \cdot W \\ &= \frac{1}{2} \times 1.025 \times (6.173^2) \times 507.446 (0.0017980 \times 1.270 + 0.000659364) + 36.745 \\ &= 65.906 \text{ kN} \end{aligned}$$

Untuk koreksi daerah pelayaran ditambah 15% sebagai *sea margin*. Jadi hambatan total sebesar 75.792 kN.

IV.4.2 Perhitungan Daya Kapal

- **Effective Horse Power (EHP)**

$$\begin{aligned} \text{EHP} &= R_t \times v \text{ dinas} \\ &= 75.792 \times 6.173 \\ &= 636.148 \text{ HP} \end{aligned}$$

- **Delivery Horse Power (DHP)**

$$\begin{aligned} \text{DHP} &= \text{EHP} / \eta_D \\ \eta_D &= \eta_H \times \eta_R \times \eta_p \end{aligned}$$

- ✓ **Hull efisiensi**

$$\eta_H = (1-t) / (1-w)$$

- **Trust deduction**

$$\begin{aligned} D &= \text{diameter} \\ &= 0.65 \text{ T} \\ &= 1.9 \end{aligned}$$

$$\text{LCB} = 0.717 \text{ m dari midship}$$

$$\text{Cstern} = 0 \text{ (normal sectional shape)}$$

$$t = 0.204$$

- **Wake**

$$\begin{aligned} w &= 0.3095 C_b + 10 C_v C_b - 0.1 \\ &= 0.3095 (0.65) + 10 (0.00294) \\ &\quad (0.65) - 0.1 \\ &= 0.120 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ; C_v &= (1+k)C_f + C_A \\ &= 1.27 \times 0.0017980 + \\ &\quad 0.000659364 \\ &= 0.00294 \end{aligned}$$

Maka

$$\begin{aligned} \eta_H &= (1 - 0.204) / (1 - 0.120) \\ &= 0.905 \end{aligned}$$

✓ **Relative rotative efficiency** (*ship design for efficiency and economy hal 184*)

$$\begin{aligned}\eta_R &= \text{Relative rotative efficiency} \\ &= 0.826 + 0.01 L/3\sqrt{V} + 0.02 B/T + 0.1 C_m \\ &= 0.875\end{aligned}$$

✓ **Propeller efficiency**

Propeller efficiency dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned}\eta_0 &= \frac{J}{2\pi} \times \frac{K_T}{K_Q} \\ \eta_p &= (J \times K_T) / (2\pi \times K_Q) \\ &= 0.6\end{aligned}$$

Maka

$$DHP = 985.807 \text{ HP}$$

• **Shaft Horse Power** (*Principal of Naval Architecture vol 2 hal 191*)

$$\begin{aligned}SHP &= DHP / \eta_d \\ &= 985.807 / 0.981 \quad (\text{Kamar mesin di belakang}) \\ &= 1004.9 \quad \text{HP}\end{aligned}$$

• **Break Horse Power** (*ITTC 1957*)

$$\begin{aligned}BHP &= SHP / \eta_t \\ \eta_t &= \prod (1 - l_i) \quad \begin{array}{ll} l_i &= 0.010 \text{ (for each gear reduction)} \\ &= 0.005 \text{ (for the trust bearing)} \\ &= 0.010 \text{ (for reversing gear path)} \end{array} \\ \eta_t &= (1 - 0.010) \times (1 - 0.005) \times (1 - 0.010) \\ &= 0.975\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}BHP &= 1004.9 / 0.975 \\ &= 1030.667 \quad \text{HP}\end{aligned}$$

Koreksi sebesar 15% untuk jalur pelayaran, sehingga

$$\begin{aligned}BHP \text{ (MCR)} &= BHP + 15\%BHP \\ &= 1030.667 + 154.6 \\ &= 1185.26 \quad \text{HP} \\ &= 872.356 \quad \text{kW}\end{aligned}$$

IV.5 Perhitungan Berat dan Titik Berat Komponen LWT (*Light Weight Tonnage*)

Light Weight Tonnage (LWT) merupakan berat kapal kosong yang terdiri dari komponen berat baja, berat permesinan dan berat peralatan serta perlengkapan.

IV.5.1 Berat Baja (Ws)

Perhitungan berat baja kapal penumpang barang ini menggunakan rumus-rumus pendekatan dengan metode Watson & Gilfilan dalam *Parametric Ship Design*.

$$W_s = K \cdot E^{1.36} (1 + 0.5(Cb' - 0.7))$$

Dimana : K = koefisien berat baja (0.038)

E = variabel berat baja = $E_{hull} + E_{ss} + E_{dh}$

$Cb' = Cb + (1 - Cb)((0.8D - T)/3T)$

Perhitungan berat baja dengan metode ini diawali dengan mencari nilai variabel E yang terdiri dari nilai E lambung (*hull*), nilai E bangunan atas (*superstructures*) dan nilai E rumah geladak (*deck houses*).

- Perhitungan E

1. Nilai E lambung (*hull*)

$$\begin{aligned} E_{hull} &= L (B + T) + 0.85L (D - T) \\ &= 42.2 (8.6 + 3.04) + 0.85 * 42.2 (4.1 - 3.04) \\ &= 529.230 \end{aligned}$$

2. Nilai E bangunan atas (*superstructures*)

$$E_{ss} = 0.85 \sum l_i \cdot h_i$$

Bangunan atas dalam kapal penumpang barang ini direncanakan berjumlah 3 lantai dan *forecastle deck*. Berikut adalah perencanaan panjang dan tinggi dari masing-masing *superstructures*,

- Lantai 1

$$L_1 = 16.8 \text{ m}$$

$$H_1 = 2.5 \text{ m}$$

- Lantai 2

$$L_2 = 30.4 \text{ m}$$

$$H_2 = 2.5 \text{ m}$$

- Lantai 3

$$L_3 = 27 \text{ m}$$

$$H_3 = 2.5 \text{ m}$$

- *Forecastle Deck*

$$L_4 = 6.1 \text{ m}$$

$$H_4 = 2.5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} E_{ss} &= 0.85 * ((16.8 * 2.5) + (30.4 * 2.5) + (27 * 2.5) + (6.1 * 2.5)) \\ &= 170.638 \text{ ton} \end{aligned}$$

3. Nilai E rumah geladak (*deck houses*)

$$E_{dh} = 0.75 \sum l_j \cdot h_{ij}$$

Kapal penumpang barang ini tidak direncanakan menggunakan rumah geladak atau *deck houses*, sehingga

$$E_{dh} = 0$$

Jadi nilai $E = 529.23 + 170.638 + 0 = 699.858$

- Perhitungan C_b'

$$\begin{aligned} C_b' &= C_b + (1 - C_b)((0.8D - T)/3T) \\ &= 0.65 + (1 - 0.65)((0.8 * 4.1 - 3.04)/3 * 3.04) \\ &= 0.659 \end{aligned}$$

Berat baja kapal penumpang barang ini yaitu

$$\begin{aligned} W_s &= K \cdot E^{1.36} (1 + 0.5(C_b' - 0.7)) \\ &= 0.038 * 699.858^{1.36} (1 + 0.5(0.659 - 0.7)) \\ &= 275.458 \text{ ton} \end{aligned}$$

Perhitungan titik berat baja menggunakan rumus pendekatan sebagai berikut :

$$KG = 0.01D (46.6 + 0.135(0.81 - C_b)(L/D)^2) + 0.008D (L/B - 6.5) \quad \text{untuk } L \leq 120 \text{ m}$$

$$LCG = -0.15 + LCB$$

- Perhitungan KG

$$\begin{aligned} KG &= 0.01 * 4.1 (46.6 + 0.135(0.81 - 0.65)(42.2/4.1)^2) + 0.008 * 4.1 (42.2/8.6 - 6.5) \\ &= 2.002 \text{ m dari } baseline \end{aligned}$$

- Perhitungan LCG

$$\begin{aligned} LCG &= -0.15 + (-0.717) \\ &= -0.867 \text{ m dari } midship \end{aligned}$$

IV.5.2 Berat Permesinan (W_M)

Perhitungan berat permesinan menggunakan rumus-rumus pendekatan dengan metode Watson & Gilfilan dalam Parametric Ship Design.

$$W_M = W_{ME} + W_{REM}$$

$$W_{ME} = \sum 12.0 (MCR/N)^{0.84}$$

$$W_{REM} = C_m (MCR)^{0.7}$$

- Perhitungan W_{ME}

$$\begin{aligned} W_{ME} &= \sum 12.0 (MCR/N)^{0.84} \\ &= \sum 12.0 (1000/2100)^{0.84} \\ &= 6.434 \text{ ton} \end{aligned}$$

- Perhitungan W_{REM}

$$\begin{aligned} W_{REM} &= C_m (MCR)^{0.7} & C_m &= 0.83 \text{ (for passengers vessel)} \\ &= 0.83 (250)^{0.7} \\ &= 44.217 \text{ ton} \end{aligned}$$

Berat permesinan kapal ini yaitu

$$\begin{aligned}W_M &= W_{ME} + W_{REM} \\&= 6.434 + 44.217 \\&= 50.651 \text{ ton}\end{aligned}$$

Perhitungan titik berat permesinan menggunakan rumus pendekatan (Kupras) yaitu :

$$KG_M = h_{db} + 0.35(D' - h^{db})$$

- Perhitungan KG_M

$$\begin{aligned}KG_M &= h_{db} + 0.35(D' - h^{db}) & h_{db} &= 350 + 45.B \\&= 0.75 + 0.35(4.1 - 0.75) & &= 350 + 45 \cdot 8.6 \\&= 1.923 \text{ m dari baseline} & &= 737 \text{ mm direncanakan } 750 \text{ mm}\end{aligned}$$

- Perhitungan LCG_M

$$LCG_M = 4.8 \text{ m dari AP}$$

IV.5.3 Berat Peralatan dan Perlengkapan ($W_{E\&O}$)

Perhitungan berat peralatan dan perlengkapan kapal menggunakan rumus pendekatan sebagai berikut :

$$W_{E\&O} = V \cdot K$$

V = volume seluruh ruangan kapal (m^3)

K = koefisien ($0.036 \text{ ton}/m^3$) ; *ship design for efficiency & economy*

- Perhitungan V

1. Lantai 1

$$\begin{aligned}L_1 &= 16.8 \text{ m} & V_1 &= 16.8 \times 2.5 \times 8.6 \\H_1 &= 2.5 \text{ m} & &= 361.2 \text{ m}^3 \\B_1 &= 8.6 \text{ m}\end{aligned}$$

2. Lantai 2

$$L_2 = 30.4 \text{ m}$$

$$V_2 = 30.4 \times 2.5 \times 8.6$$

$$H_2 = 2.5 \text{ m}$$

$$= 653.6 \text{ m}^3$$

$$B_2 = 8.6 \text{ m}$$

3. Lantai 3

$$L_3 = 27 \text{ m}$$

$$V_3 = 27 \times 2.5 \times 8.6$$

$$H_3 = 2.5 \text{ m}$$

$$= 580.5 \text{ m}^3$$

$$B_3 = 8.6 \text{ m}$$

4. Forecastle Deck

$$L_{Fc} = 6.1 \text{ m}$$

$$V_{Fc} = \frac{1}{2} \times 8 \times 2.5 \times 6.1$$

$$H_{Fc} = 2.5 \text{ m}$$

$$= 61 \text{ m}^3$$

$$B_{Fc} = 8 \text{ m}$$

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + V_{Fc} + V_{disp}$$

$$= 361.2 + 653.6 + 580.5 + 61 + 745.815$$

$$= 2402.115 \text{ m}^3$$

Jadi berat peralatan dan perlengkapan yaitu

$$W_{E\&O} = V \cdot K$$

$$= 2402.115 \cdot 0.036$$

$$= 86.476 \text{ ton}$$

Perhitungan titik berat permesinan menggunakan rumus pendekatan (Kupras) dan (Lamb) yaitu :

$$KG_{E\&O} = D + 1.25$$

$$L \leq 125 \text{ m}$$

$$LCG_{E\&O} = 25\% W_{E\&O} \text{ at } LCG_M + 37.5\% \text{ at } LCG_{ss} + 37\% \text{ at amidship}$$

• Perhitungan $KG_{E\&O}$

$$KG_{E\&O} = 4.1 + 1.25$$

$$= 5.35 \text{ m dari baseline}$$

- Perhitungan $LCG_{E\&O}$

$$\begin{aligned} 1. \quad W_1 &= 25\% W_{E\&O} \\ &= 25\% * 86.476 \\ &= 21.619 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$LCG_1 = 37.4 \text{ m dari FP}$$

$$\begin{aligned} 2. \quad W_2 &= 37.5\% W_{E\&O} \\ &= 37.5\% * 86.476 \\ &= 32.428 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$LCG_2 = 24.094 \text{ m dari FP}$$

$$\begin{aligned} 3. \quad W_3 &= 37.5\% W_{E\&O} \\ &= 37.5\% * 86.476 \\ &= 32.428 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$LCG_3 = 21.1 \text{ m dari FP}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} LCG_{E\&O} &= (21.619 * 37.4) + (32.428 * 24.094) + (32.428 * 21.1) \\ &= 26.298 \text{ m dari FP} \end{aligned}$$

IV.6 Perhitungan Berat dan Titik Berat Komponen DWT (*DeadWeight Tonnage*)

Deadweight Tonnage adalah berat kapal yang dapat berubah-ubah. Komponen DWT meliputi *payload* (penumpang dan barang), dan berat *consumable*.

IV.6.1 Perencanaan Susunan dan Jumlah Kru

I. Master

Captain (Nahkoda) = 1 orang

II. Deck Department

Chief Officer = 1 orang

Second Officer = 1 orang

Radio Officer = 1 orang

Quarter Master = 3 orang

Boatswain = 1 orang

Seaman = 1 orang

III. Engine Department

Chief Engineer = 1 orang

Second Engineer = 1 orang

Oiler = 1 orang

Electrician = 1 orang

Fireman = 1 orang

IV. Services

Chief Cook = 1 orang

Assistant Cook = 1 orang

Steward = 2 orang

IV.6.2 Berat Kru dan Penumpang

Perhitungan Berat Kru dan Penumpang menggunakan rumus pendekatan sebagai berikut :

$$W_{C\&E} = Z_C \cdot C_{C\&E}$$

Dimana : Z_C = jumlah penumpang dan kru

$C_{C\&E}$ = koefisien (0.17 ton/orang) ; *Parametric Design Chapter 11*

- Perhitungan jumlah penumpang dan kru

jumlah kru = 18 orang

jumlah penumpang = 250 orang

total kru dan penumpang = 268 orang

sehingga,

$$\begin{aligned} W_{C\&E} &= Z_C \cdot C_{C\&E} \\ &= 268 * 0.17 \\ &= 45.56 \text{ ton} \end{aligned}$$

IV.6.3 Berat Fuel Oil

Kebutuhan *fuel oil* didasarkan pada *specific fuel rate* (SFR) atau *specific fuel oil consumption* (SFOC) dari katalog mesin induk yang dipilih. Perhitungan berat *fuel oil* menggunakan rumus sebagai berikut :

$$W_{FO} = SFR \cdot MCR \cdot (\text{range/speed}) \cdot \text{margin}$$

Dimana : $SFR = \text{specific fuel rate (ton/kW.h)}$

$MCR = MCR \text{ mesin induk (kW)}$

$\text{Range/speed} = \text{jarak pelayaran} / \text{kecepatan kapal (h)}$

$\text{Margin} = 5 - 10\%$

$$W_{FO} = 0.0000348 \cdot 1000 \cdot (1238 / 12) \cdot 5\%$$

$$= 3.283 \text{ ton}$$

Koreksi W_{FO} karena ada penambahan 2% untuk konstruksi dan 2% untuk ekspansi panas, sehingga

$$W_{FO} = W_{FO} + 4\% W_{FO}$$

$$= 3.283 + (4\% \cdot 3.283)$$

$$= 3.415 \text{ ton}$$

IV.6.4 Berat *Lubricating Oil*

Perhitungan berat *lubricating oil* menggunakan rumus sebagai berikut :

$$W_{FO} = SFR \cdot MCR \cdot (\text{range/speed}) \cdot \text{margin}$$

Dimana : $SFR = \text{specific fuel rate (ton/kW.h)}$

$MCR = MCR \text{ mesin induk (kW)}$

$\text{Range/speed} = \text{jarak pelayaran} / \text{kecepatan kapal (h)}$

$\text{Margin} = 5 - 10\%$

$$W_{LO} = 0.0000091 \cdot 1000 \cdot (1238 / 12) \cdot 5\%$$

$$= 0.858 \text{ ton}$$

Koreksi W_{LO} karena ada penambahan 2% untuk konstruksi dan 2% untuk ekspansi panas, sehingga

$$W_{LO} = W_{LO} + 4\% W_{LO}$$

$$= 0.858 + (4\% \cdot 0.858)$$

$$= 0.893 \text{ ton}$$

IV.6.5 Berat *Diesel Oil*

Perhitungan berat *diesel oil* menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}W_{DO} &= W_{FO} \cdot C_{DO} && ; C_{DO} = 0.1 \\&= 3.415 \cdot 0.1 \\&= 0.341 \text{ ton}\end{aligned}$$

Koreksi W_{DO} karena ada penambahan 2% untuk ekspansi panas, sehingga

$$\begin{aligned}W_{DO} &= W_{DO} + 2\% W_{DO} \\&= 0.341 + (2\% \cdot 0.341) \\&= 0.348 \text{ ton}\end{aligned}$$

IV.6.6 Berat *Fresh Water*

Kebutuhan *fresh water* atau air tawar di kapal digunakan untuk cuci, mandi dan minum bagi penumpang dan kru. Selain itu air tawar juga dapat digunakan sebagai pendingin mesin pada kapal. Perhitungan berat *fresh water* atau air tawar menggunakan rumus pendekatan sebagai berikut :

$$W_{FW} = W_{FW1} + W_{FW2}$$

$$W_{FW1} = C_{W1} (S/V_s) Z_C$$

$$W_{FW2} = C_{W2} \cdot BHP$$

- Perhitungan W_{FW1}

$$\begin{aligned}W_{FW1} &= C_{W1} (S/V_s) Z_C && C_{W1} = 150 \text{ kg/orang.hari} \\&= 0.00625 \cdot (1238/12) \cdot 268 && = 0.00625 \text{ ton/orang.jam} \\&= 150.51 \text{ ton}\end{aligned}$$

- Perhitungan W_{FW2}

$$\begin{aligned}W_{FW2} &= C_{W2} \cdot BHP && C_{W2} = 0.002 \text{ ton/HP} \\&= 0.002 \cdot 1340 \\&= 2.68 \text{ ton}\end{aligned}$$

Berat *fresh water* total yaitu

$$W_{FW} = 150.51 + 2.68$$

$$= 153.19 \text{ ton}$$

Koreksi 2% untuk berat *fresh water*, sehingga

$$W_{FW} = W_{FW} + (2\% W_{FW})$$

$$= 153.19 + (2\% * 153.19)$$

$$= 156.25 \text{ ton}$$

IV.6.7 Berat *Provision and Store*

Berat *provision and store* merupakan berat yang terdiri dari berat bahan-bahan makanan. Perhitungan berat *provision and store* menggunakan rumus sebagai berikut :

$$W_{PR} = C_{PR} (S/V_s) Z_C$$

$$C_{PR} = 19 \text{ kg / orang.hari}$$

$$= 0.00079 * (1238/12) * 268$$

$$= 0.00079 \text{ ton / orang.jam}$$

$$= 19.064 \text{ ton}$$

IV.7 Rekapitulasi Berat dan Titik Berat

Berdasarkan hasil perhitungan berat LWT dan DWT di atas, maka dapat dibuat hasil rekapitulasi sebagai berikut :

- Berat Baja

$$W = 275.459 \text{ ton}$$

$$KG = 2.002 \text{ m dari } baseline$$

$$LCG = 21.967 \text{ m dari FP}$$

- Berat Permesinan

$$W = 50.652 \text{ ton}$$

$$KG = 1.923 \text{ m dari } baseline$$

$$LCG = 37.4 \text{ m dari FP}$$

- Berat Peralatan dan Perlengkapan

$$W = 86.476 \text{ ton}$$

$$KG = 5.350 \text{ m dari } baseline$$

$$LCG = 26.298 \text{ m dari FP}$$

- Berat *Consumables*
 $W = 179.972 \text{ ton}$
 $KG = 5.351 \text{ m dari baseline}$
 $LCG = 25.536 \text{ m dari FP}$
 - Berat *Payload*
 $W = 170.028 \text{ ton}$
 $KG = 2.725 \text{ m dari baseline}$
 $LCG = 25.336 \text{ m dari FP}$
- Sehingga titik berat kapal yaitu
- $LCG = 22.864 \text{ m dari FP}$
 - $KG = 3.384 \text{ m dari baseline}$

IV.8 Pemeriksaan

IV.8.1 Rasio Ukuran Utama

- Perbandingan L / B kapal
 $L / B = 42.2 / 8.6 \quad \text{kriteria } 3.5 < L / B < 10$
 $= 4.907 \quad (\text{memenuhi})$
- Perbandingan B / T kapal
 $B / T = 8.6 / 3.04 \quad \text{kriteria } 1.8 < B / T < 5$
 $= 2.829 \quad (\text{memenuhi})$
- Perbandingan L / T kapal
 $L / T = 42.2 / 3.04 \quad \text{kriteria } 10 < L / T < 30$
 $= 13.882 \quad (\text{memenuhi})$

IV.8.2 Hukum Archimedes

$$LWT + DWT = L \cdot B \cdot T \cdot C_b$$

1. Berat LWT

- Berat Baja $= 275.459 \text{ ton}$
 - Berat Permesinan $= 50.652 \text{ ton}$
 - Berat E&O $= 86.476 \text{ ton}$
- Total berat LWT $= 412.587 \text{ ton}$

2. Berat DWT

- Berat *Consumables* = 179.972 ton
 - Berat *Payload* = 170.028 ton
- Total berat DWT = 350 ton

$$\text{LWT} + \text{DWT} = 762.587 \text{ ton}$$

$$\Delta = 764.46 \text{ ton}$$

Persyaratan Δ harus lebih besar (maksimal 1%) sebagai *margin*, maka

$$\text{selisih} = 1.87 \text{ ton}$$

$$\% \text{ selisih} = 0.25 \% \text{ (MEMENUHI)}$$

IV.8.3 Trim

Trim adalah perbedaan sarat depan dan belakang kapal. Jika sarat depan lebih besar dari sarat belakang, maka disebut trim haluan. Jika sarat depan lebih kecil dari sarat belakang, maka disebut trim buritan. Jika sarat depan sama besar dengan sarat belakang, maka disebut *even keel*. Perhitungan trim kapal penumpang barang ini menggunakan rumus (Michael G. Parsons) dalam *Parametric Design Chapter 11*. Berikut adalah perhitungan trim :

$$L_{wl} = 43.888 \text{ m}$$

$$B = 8.6 \text{ m}$$

$$T = 3.04 \text{ m}$$

$$C_m = 0.981$$

$$C_{wp} = 0.799$$

$$V = 745.815 \text{ m}^3$$

- Perhitungan KB

$$\begin{aligned} \text{KB}/T &= 0.9 - 0.3 C_m - 0.1 C_b \\ &= 0.9 - 0.3 * 0.981 - 0.1 * 0.65 \\ &= 0.540 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{KB} &= 0.540 * 3.04 \\ &= 1.643 \text{ m} \end{aligned}$$

- Perhitungan BM_T

$$\text{BM}_T = I_T / \nabla$$

$$C_I = 0.1216 \cdot C_{wp} \cdot 0.041$$

$$= 0.1216 \times 0.799 \times 0.041$$

$$= 0.056$$

$$\begin{aligned} I_T &= C_I \cdot Lwl \cdot B^3 \\ &= 0.056 \times 43.888 \times 8.6^3 \\ &= 1505.945 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} BM_T &= 1505.945 / 745.815 \\ &= 2.019 \text{ m} \end{aligned}$$

- Perhitungan BM_L

$$\begin{aligned} BM_L &= I_L / \nabla \\ C_{IL} &= 0.350 C_{wp}^2 - 0.405 C_{wp} + 0.146 \\ &= 0.350 (0.799^2) - 0.405 (0.799) + 0.146 \\ &= 0.046 \\ I_L &= C_{IL} \cdot Lwl^3 \cdot B \\ &= 0.046 \times 43.888^3 \times 8.6 \\ &= 29586.178 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} BM_L &= 29586.178 / 745.815 \\ &= 39.669 \text{ m} \end{aligned}$$

- Perhitungan GM_L

$$\begin{aligned} GM_L &= KB + BM_L - KG \\ &= 1.643 + 39.669 - 3.355 \\ &= 37.957 \text{ m} \end{aligned}$$

- Perhitungan trim

$$\begin{aligned} \text{Trim} &= (LCG - LCB) Lwl / GM_L \\ &= (22.864 - 21.817) 43.888 / 37.957 \\ &= 1.164 \text{ m} \end{aligned}$$

Kondisi trim yaitu trim buritan.

- Kriteria Batasan Perhitungan Trim

$\Delta (LCG - LCB)$ harus lebih kecil dari $0.1 Lwl$

$$\Delta (LCG - LCB) = 1.04 \text{ m}$$

$$0.1 lwl = 4.388 \text{ m}$$

Kriteria batasan perhitungan trim memenuhi.

IV.8.4 Lambung Timbul (*Freeboard*)

Lambung timbul atau *freeboard* adalah jarak vertikal antara garis geladak bagian atas sampai dengan lingkaran *Draft mark* atau *plimsol*. Tujuan dari *freeboard* atau lambung timbul ini adalah demi keselamatan para penumpang dan kru. Perhitungan lambung timbul minimum kapal penumpang barang ini didasarkan pada *International Convention on Load Lines* (ICLL) 1966, *as Amended by the Protocol 1988*. Berikut adalah perhitungan lambung timbul minimum :

- Tipe kapal

Tipe kapal B karena tidak mengangkut muatan cair curah

- Perhitungan *freeboard standard*

Freeboard standard dilihat di tabel 28.2 dalam ICLL 1966 dan perhitungan *freeboard standard* dilakukan dengan cara interpolasi. Berikut adalah perhitungan *freeboard standard* :

$$L = 42 \text{ m} \quad \text{Fb standar} = 354 \text{ mm}$$

$$L = 43 \text{ m} \quad \text{Fb standar} = 364 \text{ mm}$$

Maka,

$$L = 42.2 \text{ m} \quad \text{Fb standar} = 356 \text{ mm (interpolasi)}$$

- Koreksi panjang kapal

Koreksi panjang kapal dilakukan ketika panjang kapal berada dalam *range* $24 \text{ m} < L < 100 \text{ m}$ dengan panjang efektif bangunan atas 35%.

$$L = 42.2 \text{ m} (< 100 \text{ m})$$

$$\begin{aligned} L_{ss} &= L_{\text{poop}} + L_{\text{forecastle}} \\ &= 30.4 + 6.1 \\ &= 36.5 \text{ m} \end{aligned}$$

$$E_1 = 83\% (> 35\%)$$

Maka tidak ada koreksi, sehingga

$$Fb_1 = 0 \text{ mm}$$

- Koreksi koefisien blok (C_b)

Koreksi C_b untuk $C_b > 0.68$

$$C_b = 0.65 (< 0.68)$$

Maka tidak ada koreksi, sehingga

$$Fb_2 = 0 \text{ mm}$$

- Koreksi tinggi kapal

Koreksi tinggi kapal untuk $H > L/15$

$$H = 4.1 \text{ m}$$

$$L/15 = 42.2 / 15$$

$$= 2.813 \text{ m}$$

$H > L/15$ maka dilakukan koreksi sebagai berikut

$$Fb_3 = R (H - (L/15))$$

$$R = L/0.48 \text{ untuk } L < 120 \text{ m}$$

$$= 42.2 / 0.48$$

$$= 87.917$$

Sehingga,

$$Fb_3 = 87.917 (4.1 - 2.813)$$

$$= 113.149 \text{ mm}$$

- Pengurangan

Perhitungan pengurangan *freeboard* didasarkan pada panjang efektif bangunan atas.

$$E_1 = 36.5 \text{ m} (0.865 L)$$

Tabel IV.10 Pengurangan *freeboard*

L efektif	Pengurangan %
0.8 L	75.3
0.9 L	87.7

Berdasarkan tabel di atas maka besar pengurangan *freeboard* yaitu 83% (interpolasi).

$$\text{Pengurangan} = 83\% \times Fb \text{ standar}$$

$$= 83\% \times 356$$

$$= 296.733 \text{ mm}$$

Jadi total *freeboard* minimum sebesar 172.386 mm

- Kriteria *freeboard*

Actual freeboard harus lebih besar dari *freeboard* minimum

$$\text{Freeboard minimum} = 172.386 \text{ mm}$$

$$= 0.172 \text{ m}$$

$$\text{Actual freeboard} = H - T$$

$$= 4.1 - 3.04$$

$$= 1.06 \text{ m}$$

Kriteria *freeboard* memenuhi.

IV.8.5 Stabilitas

1 feet	=	0.3048	m				
Lpp	=	138.451	feet	Sf	=	0.00	feet
B	=	28.215	feet	Sa	=	0.00	feet
T	=	9.974	feet	Δ	=	752.422	long.ton
H	=	13.451	feet	L efektif	=	99.738	feet
Cb	=	0.65		tinggi BA (d)	=	8.202	feet
Cwp	=	0.799		Cpv	=	0.814	
Cm	=	0.981					

- Perhitungan Awal

$$\begin{aligned}\text{Luas waterplan (Aw)} &= L \cdot B \cdot Cwp \\ &= 3119.527 \text{ feet}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas midship (Am)} &= B \cdot T \cdot Cm \\ &= 276.135 \text{ feet}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas centerline di atas H (S)} &= (l_{st} \cdot h_{st}) + (0.5 \cdot L \cdot S_F/3) + (0.5 \cdot L \cdot S_A/3) \\ &= 818.057 \text{ feet}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas centerline (A}_2\text{)} &= (0.98 \cdot L \cdot H) + S \\ &= 2643.182 \text{ feet}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{H rata-rata (D)} &= S / L + H \\ &= 19.360 \text{ feet}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Actual freeboard (F)} &= H - T \\ &= 3.478 \text{ feet}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas waterplan pada H (A}_1\text{)} &= 1.01 \times Aw \\ &= 3150.723 \text{ feet}^2\end{aligned}$$

- Perhitungan GZ

$$\begin{aligned}\Delta T &= \Delta + ((Aw + A_1)/2) (F/35) & Cpv' &= (35 \times \Delta T) / (A_1 \times D) \\ &= 1063.936 & &= 0.610\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\delta &= (\Delta T/2) - \Delta & Cpv'' &= (35 \times \Delta T) / (A_2 \times B) \\ &= -220.454 & &= 0.499\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Cw' &= A_2 / (L \times D) & Cw'' &= Cw' - ((140 \cdot \delta)(1 - Cpv'')) / (L \cdot D \cdot B) \\ &= 0.986 & &= 0.945\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Cx' &= (Am + B \times F) / (B \times D) \\ &= 0.685\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
f_0 &= T ((A_w/A_1) - 1) / (2F (1 - C_{pv})) \\
&= 0.077 \\
f_1 &= D (1 - (A_w/A_1)) / (2F(1 - C_{pv}')) \\
&= 0.071 \\
f_2 &= 0 \quad \text{jika } C_x' < 0.89 \\
&= 0 \\
h_0 &= 0.335 C_{pv} + 0.1665 \\
&= 0.437 \\
h_1 &= 1.0632 C_{pv}' - 0.0735 - 0.4918 (C_{pv}')^2 \\
&= 0.371 \\
h_2 &= 1.0632 C_{pv}'' - 0.0735 - 0.4918 (C_{pv}'')^2 \\
&= 0.333 \\
KG &= 11.009 \quad \text{feet} \\
KG' &= (D (1 - h_1) \Delta T) - \delta) / (2 \Delta) \\
&= 8.762 \quad \text{feet} \\
GG' &= KG' - KG \\
&= -2.247 \quad \text{feet} \\
KB_0 &= (1 - h_0) T \\
&= 5.619 \quad \text{feet} \\
G'B_0 &= KG' - KB_0 \\
&= 3.143 \quad \text{feet} \\
G'B_{90} &= ((\Delta T h_2 B) / (4 \Delta)) - ((17.5 \delta^2) / (\Delta (A_2 - 70(\delta/B)(1 - C_{pv}'')))) \\
&= 6.157 \quad \text{feet} \\
C_1 &= 0.072 C_{wp}^2 + 0.0116 C_{wp} - 0.0004 \\
&= 0.055 \\
BM_0 &= (C_1 \cdot L \cdot B^3) / (35 \Delta) \\
&= 6.538 \quad \text{feet} \\
C_1' &= 0.1272 C_w'' - 0.0437 \\
&= 0.059 \\
BM_{90} &= ((C_1' \cdot L \cdot D^3) / (35 \Delta)) + ((L d \cdot d \cdot D^2) / (140 \Delta)) \\
&= 5.152 \quad \text{feet} \\
GM_0 &= KB_0 + BM_0 - KG \\
&= 1.147 \quad \text{feet}
\end{aligned}$$

$$G'M_0 = KB_0 + BM_0 - KG'$$

$$= 3.395 \quad \text{feet}$$

$$G'M_{90} = BM_{90} - G'B_{90}$$

$$= -1.005 \quad \text{feet}$$

$$b_1 = \left(\frac{9(G'B_{90} - G'B_0)}{8} \right) - \left(\frac{G'M_0 - G'M_{90}}{32} \right)$$

$$= -3.324$$

$$b_2 = \frac{G'M_0 + G'M_{90}}{8}$$

$$= 0.299$$

$$b_3 = \left(\frac{3(G'M_0 - G'M_{90})}{32} \right) - \left(\frac{3(G'B_{90} - G'B_0)}{8} \right)$$

$$= -0.718$$

Tabel IV.11 Lengan Statis (GZ)

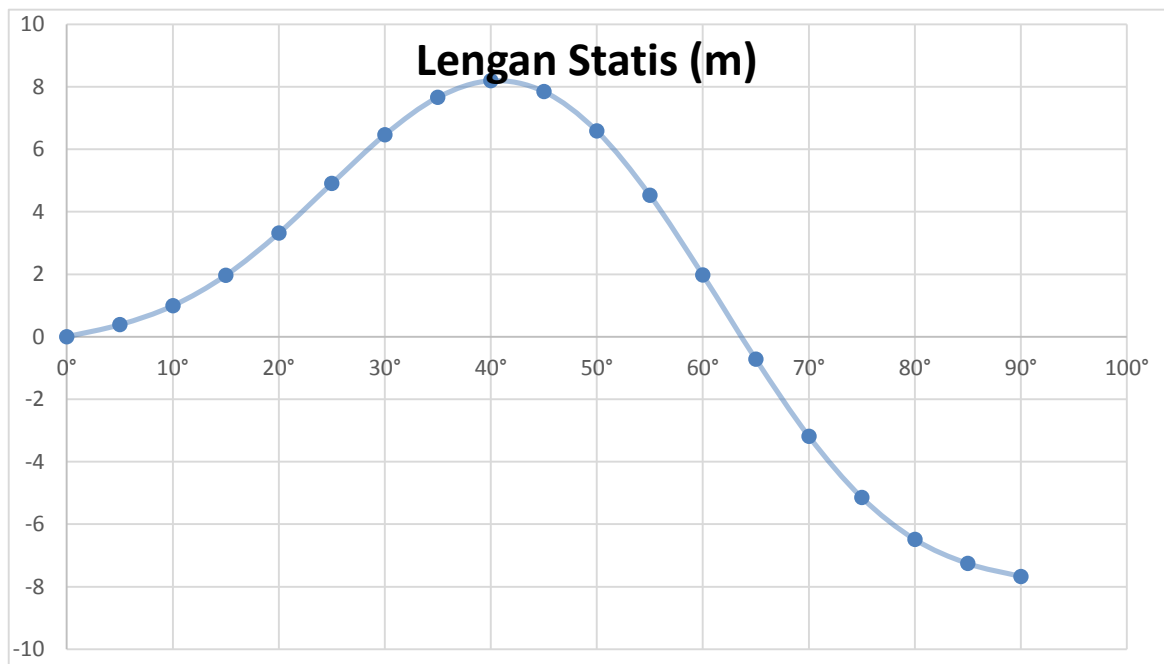
Φ	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°
GG' sin(1 · Φ)	0.000	-0.196	-0.390	-0.582	-0.768	-0.950	-1.123	-1.289	-1.444	-1.589
b ₁ · sin (2 · Φ)	0.000	0.577	1.136	1.661	2.136	2.545	2.878	3.123	3.273	3.324
b ₂ · sin (4 · Φ)	0.000	0.102	0.192	0.259	0.294	0.294	0.259	0.192	0.103	0.000
b ₃ · sin (6 · Φ)	0.000	-0.359	-0.621	-0.718	-0.622	-0.360	-0.001	0.358	0.621	0.718
GZ (ft)	0.000	0.124	0.317	0.620	1.039	1.530	2.012	2.384	2.552	2.453
GZ (m)	0.000	0.408	1.039	2.036	3.410	5.020	6.601	7.821	8.373	8.049
Φ	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	90°
GG' sin(1 · Φ)	-1.589	-1.721	-1.841	-1.946	-2.037	-2.112	-2.171	-2.213	-2.239	-2.248
b ₁ · sin (2 · Φ)	3.324	3.274	3.124	2.880	2.549	2.140	1.666	1.141	0.582	0.005
b ₂ · sin (4 · Φ)	0.000	-0.102	-0.192	-0.258	-0.294	-0.294	-0.259	-0.193	-0.103	-0.001
b ₃ · sin (6 · Φ)	0.718	0.623	0.361	0.002	-0.357	-0.620	-0.718	-0.623	-0.362	-0.003
GZ (ft)	2.453	2.073	1.453	0.678	-0.139	-0.887	-1.482	-1.888	-2.122	-2.247
GZ (m)	8.049	6.803	4.767	2.224	-0.456	-2.910	-4.863	-6.195	-6.962	-7.372

Tabel IV.12 Lengan dinamis (L_D)

Sudut [°]	LD [ft.rad]	LD [m.rad]
10	0.024	0.007
20	0.112	0.034
30	0.267	0.081
40	0.410	0.125
L _D Total	0.812	0.248

GZ max = 8.373 m

Pada = 40 °



Gambar IV.11 Kurva Stabilitas

Kriteria stabilitas berdasarkan IMO :

1. $e_{30^\circ} \geq 0.055 \text{ m.rad}$

Luas gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut $30^\circ > 0.055 \text{ meter.rad}$

2. $e_{40^\circ} \geq 0.009 \text{ m.rad}$

Luas gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut $40^\circ > 0.09 \text{ meter.rad}$

3. $e_{30^\circ-40^\circ} \geq 0.03 \text{ m.rad}$

Luas gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut $30^\circ - 40^\circ > 0.055 \text{ meter.rad}$

4. $h_{30^\circ} \geq 0.02 \text{ m}$

Lengan penegak GZ paling sedikit 0.2 meter pada sudut oleng 30° atau lebih.

5. $\theta_{\max} \geq 25^\circ$

Lengan penegak maksimum sebaiknya pada sudut oleng lebih dari 30° dan tidak boleh kurang dari 25°

6. $GM_0 \geq 0.15 \text{ m}$

Tinggi metasentra awal GM_0 tidak boleh kurang dari 0.15 meter

Berikut adalah rekapitulasi hasil perhitungan stabilitas,

Tabel IV.13 Hasil Perhitungan Stabilitas

No	Kriteria	Hasil Perhitungan	Keterangan
1	$e_{30^\circ} \geq 0.055 \text{ m.rad}$	$e_{30^\circ} = 0.081 \text{ m.rad}$	Memenuhi
2	$e_{40^\circ} \geq 0.009 \text{ m.rad}$	$e_{40^\circ} = 0.125 \text{ m.rad}$	Memenuhi
3	$e_{30^\circ-40^\circ} \geq 0.03 \text{ m.rad}$	$e_{30^\circ-40^\circ} = 0.04 \text{ m.rad}$	Memenuhi
4	$h_{30^\circ} \geq 0.02 \text{ m}$	$h_{30^\circ} = 6.6 \text{ m}$	Memenuhi
5	$\theta_{\max} \geq 25^\circ$	$\theta_{\max} = 40.649^\circ$	Memenuhi
6	$GM_0 \geq 0.15 \text{ m}$	$GM_0 = 0.349 \text{ m}$	Memenuhi

Berdasarkan Tabel IV.13 di atas, maka kriteria stabilitas memenuhi.

IV.8.6 Tonase

Perhitungan *tonnage* atau tonase didasarkan pada *International Convention on Tonnage Measurement of Ships*, 1969. Berikut adalah perhitungan tonase pada kapal penumpang barang ini :

$$H = 4.100 \text{ m}$$

$$T = 3.040 \text{ m}$$

$$V_{PO} = 653.600 \text{ m}^3$$

$$V_{FC} = 61.000 \text{ m}^3$$

$$V_{DH} = 580.500 \text{ m}^3$$

$$\Delta = 764.460 \text{ ton}$$

$$N_1 = 250$$

$$N_2 = 18$$

- Perhitungan *Gross Tonnage* (GT)

$$\begin{aligned} V_U &= \Delta ((1.25 (H/T) - 0.115)) \\ &= 764.460 ((1.25 \times (4.1 / 3.04) - 0.115)) \\ &= 1200.856 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_H &= V_{PO} + V_{FC} + V_{DH} \\ &= 653.600 + 61.000 + 580.500 \\ &= 1295.100 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= V_U + V_H \\ &= 1200.86 + 1295.100 \end{aligned}$$

$$= 2495.956 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} K_1 &= 0.2 + 0.02 \text{ Log}_{10} V \\ &= 0.2 + 0.02 \log_{10} (2495.956) \\ &= 0.268 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} GT &= V \cdot K_1 \\ &= 2495.956 \times 0.268 \\ &= 668.778 \end{aligned}$$

- Perhitungan *Net Tonnage* (NT)

$$V_c = 1295.100 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} K_2 &= 0.2 + 0.02 \log_{10} V_c \\ &= 0.2 + 0.02 \log_{10} (1295.100) \\ &= 0.262 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_3 &= 1.25 ((GT + 10000)/10000) \\ &= 1.25 ((668.778 + 10000)/10000) \\ &= 1.269 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= K_2 \cdot V_c \cdot (4T/3H)^2 \\ &= 0.268 \times 2495.956 \times (4 \times 3.04 / 3 \times 4.1)^2 \\ &= 331.947 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} NT &= a + K_3 (N_1 \cdot N_2/10) \\ &= 331.947 + 1.269 (250 \times 18 / 10) \\ &= 651.429 \end{aligned}$$

Kriteria *tonnage*

- $a > 0.25 GT$
 $0.25GT = 167.195$
 $a = 331.947$ (memenuhi)
- $NT > 0.3 GT$
 $0.3 GT = 200.633$
 $NT = 651.429$ (memenuhi)

Sehingga,

Kriteria *tonnage* memenuhi.

IV.8.7 Biaya Pembangunan

Perhitungan biaya pembangunan kapal menggunakan estimasi pendekatan yang terdiri dari biaya material (*structural cost*), biaya permesinan (*machinery cost*), dan biaya perlengkapan (*outfit cost*) yang diberikan oleh David G.M Watson dalam buku *Practical Ship Design*. Biaya pembangunan tersebut juga dilakukan koreksi karena adanya inflasi dan pajak. Berikut adalah perhitungan biaya pembangunan kapal penumpang barang ini :

- **Perhitungan biaya material (*structural cost*)**

Material yang digunakan dalam kapal penumpang barang ini adalah baja. Untuk melakukan perhitungan biaya material, diperlukan hasil dari berat baja dari kapal. Dari hasil perhitungan berat LWT, didapatkan berat baja sebesar 275.459 ton.

$$Y = a X^4 + b X^3 + c X^2 + d X + e$$

$$a = 0.0000$$

$$b = -0.000000001 \quad Y = \text{harga (USD)}$$

$$c = 0.0000298 \quad X = \text{berat (Ton)}$$

$$d = -0.39 \quad = 275.459 \text{ ton}$$

$$e = 3972.12$$

kurs terhadap dolar = Rp 12,898 per dolar (Bank Indonesia, 22 April 2015)

maka,

$$Y = \$ 3866,949 \text{ USD/ton}$$

$$\text{biaya} = \$ 1,065.185 \text{ USD}$$

- **Perhitungan biaya permesinan (*machinery cost*)**

Berat permesinan kapal penumpang barang ini sebesar 50.652 ton.

$$Y = a X^4 + b X^3 + c X^2 + d X + e$$

$$a = 0.0000$$

$$b = -0.0000003 \quad Y = \text{harga (USD)}$$

$$c = 0.0041960 \quad X = \text{berat (Ton)}$$

$$d = -11.60 \quad = 50.652 \text{ ton}$$

$$e = 20016.90$$

kurs terhadap dolar = Rp 12,898 per dolar (Bank Indonesia, 22 April 2015)

maka,

$$Y = \$ 19439,839 \text{ USD/ton}$$

$$\text{biaya} = \$ 984,669 \text{ USD}$$

- **Perhitungan biaya perlengkapan (*outfit cost*)**

Berat perlengkapan dan peralatan kapal penumpang barang ini sebesar 86.476 ton.

$$Y = a X^4 + b X^3 + c X^2 + d X + e$$

$$a = 0$$

$$b = -0.0000001 \quad Y = \text{harga (USD)}$$

$$c = 0.0004871 \quad X = \text{berat (Ton)}$$

$$d = -3.16 \quad = 86.476 \text{ ton}$$

$$e = 18440.66$$

kurs terhadap dolar = Rp 12,898 per dolar (Bank Indonesia, 22 April 2015)

maka,

$$Y = \$ 18171,160 \text{ USD/ton}$$

$$\text{Biaya} = \$ 1,571,372 \text{ USD}$$

$$\text{Inflasi} = 4\%$$

$$\text{Galangan + pajak} = 15\%$$

Sehingga,

Biaya total pembangunan kapal sebesar \$ 3,621,225 USD atau Rp. 46,706,562,859

IV.9 Perencanaan Ukuran Utama Optimal

IV.9.1 Variabel Desain (*Design Variable*)

Dalam proses optimalisasi, harga-harga variable yang akan dicari meliputi ukuran utama kapal, yaitu:

- Panjang Kapal (Lpp)
- Lebar Kapal (B)
- Tinggi Kapal (H)
- Sarat (T)

Sebagai nilai awal (*initial value*) dari variable desain diatas diambil dari ukuran utama awal yang diperoleh dari kapal pembanding.

Tabel IV.14 Variabel Desain

Variable						
	Item	Unit	Symbol	Min	Value	Max
Ukuran Utama	Panjang	m	L	42.2		47.23
	Lebar	m	B	8.6		9
	Tinggi	m	H	4.1		4.5
	Sarat	m	T	3.04		3.2

IV.9.2 Batasan-batasan (Constraint)

Berikut merupakan batasan-batasan yang digunakan dalam penentuan ukuran utama kapal.

Tabel IV.15 Batasan-batasan (constraint)

Batasan - batasan							
Syarat Teknis	Item	Unit	Symbol	Min	Value	Max	Remark
Froude Number			F_n	0.15		0.32	
Stabilitas	MG pada sudut oleng 0 deg	m	GM_0	0.15			
	Lengan statis pada sudut oleng >30	m	GZ_{30°	0.2			
	Sudut kemiringan pada L_s maksimum	deg	θ_{max}	25			
	Lengan dinamis pada 30 deg	m.rad	e_{30°	0.055			
	Lengan dinamis pada 40 deg	m.rad	e_{40°	0.09			
	Luas kurva GZ antara 30 deg - 40 deg	m.rad	$e_{30^\circ} - e_{40^\circ}$	0.03			
Freeboard	FB	m		-0.01098768			
Displacement	Koreksi dipalcement	%		-0.5%		10.0%	
Trim	Selisih trim	%		0.00%		0.00%	
Rasio			L/B	3.5		10	
			B/T	1.8		5	
			L/T	10		30	

IV.9.3 Konstanta

Konstanta adalah harga-harga yang tidak berubah besarnya selama proses optimisasi berlangsung tuntas. Komponen-komponen konstanta pada model optimisasi ukuran utama tugas akhir ini adalah :

Tabel IV.16 Konstanta

Konstanta				
	Item	Unit	Symbol	Value
	Massa Jenis Air Laut	ton/m^3	ρ air laut	1.025
	Gaya Gravitasi	m/s^2	g	9.81
	Radius Pelayaran	mil		1238
	Massa Jenis Baja	kg/m^3	ρ baja	7,850

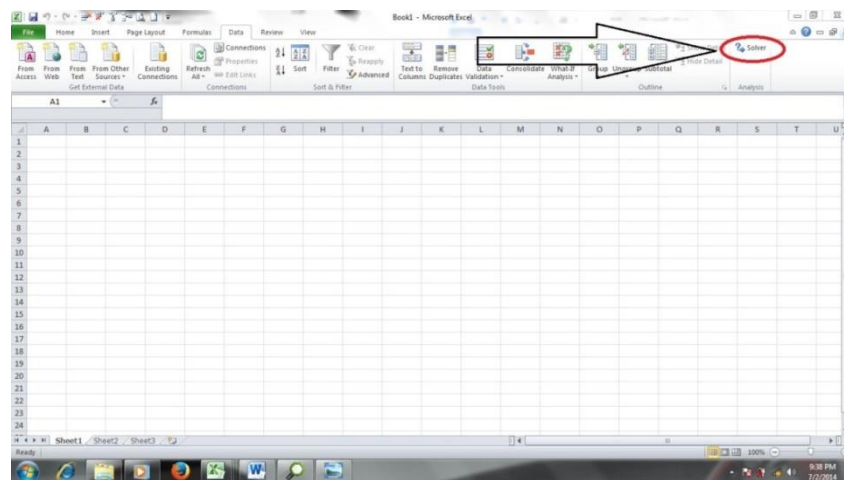
IV.9.4 Objective Function

Objective function dalam kapal ini adalah harga pembangunan kapal yang minimum tetapi masih dapat memenuhi seluruh batasan-batasan yang disyaratkan.

IV.9.5 Pengoprasian Program Solver

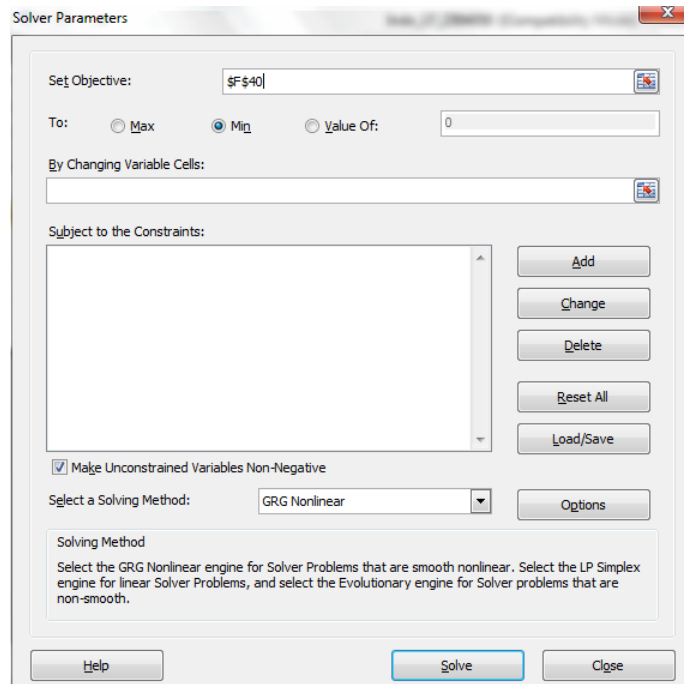
Solver merupakan *tool* yang memungkinkan untuk dapat menghitung nilai yang dibutuhkan untuk mencapai hasil yang terdapat pada satu sel atau sederet sel (*range*). Dengan kata lain *Solver* dapat menangani masalah yang melibatkan banyak sel variable dan membantu mencari kombinasi variable untuk meminimalkan atau memaksimalkan satu sel target. Langkah-langkah pengoprasian solver yaitu sebagai berikut :

- Pilih (klik) pada pojok paling kanan pada *toolbar* Data di Microsoft Excel 2010. Jika Solver belum terinstal maka perlu dilakukan proses *install Solver*. Langkah *install Solver* adalah dengan klik *icon* pojok kiri atas, pilih Excel *Option*, pilih Add-Ins.



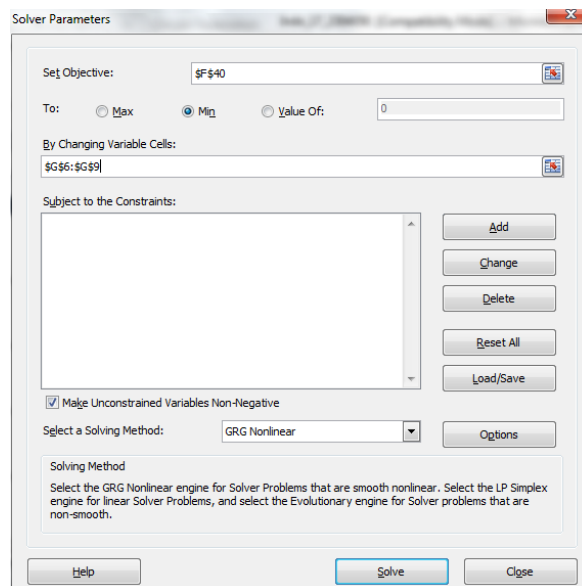
Gambar IV.12 Tampilan Microsoft Excel 2010 dengan Solver Add-In terinstal

- Menentukan *Target Cell*, tujuan dari proses optimisasi dalam Tugas akhir ini adalah meminimalkan *building cost* kapal. Klik *cell* yang dipilih untuk memilih *target cell* pada model optimisasi dan pilih Min pada Equal to. Setelah langkah di atas selesai dilakukan maka tampilan solver akan seperti terlihat pada Gambar IV.13 di bawah ini.



Gambar IV.13 Tampilan setelah *Target Cell* dan nilai minimal ditentukan

- Menentukan *Changing Cells* pada model optimasi. *Changing Cells* yang dimaksud adalah *variable* yang akan dicari nilainya dengan proses optimasi. Maka *Changing Cells* adalah ukuran utama kapal (*initial value*). Gambar IV.14 merupakan tampilan solver setelah menentukan *changing cells*.



Gambar IV.14 Tampilan Solver Parameter setelah *changing cells* ditentukan

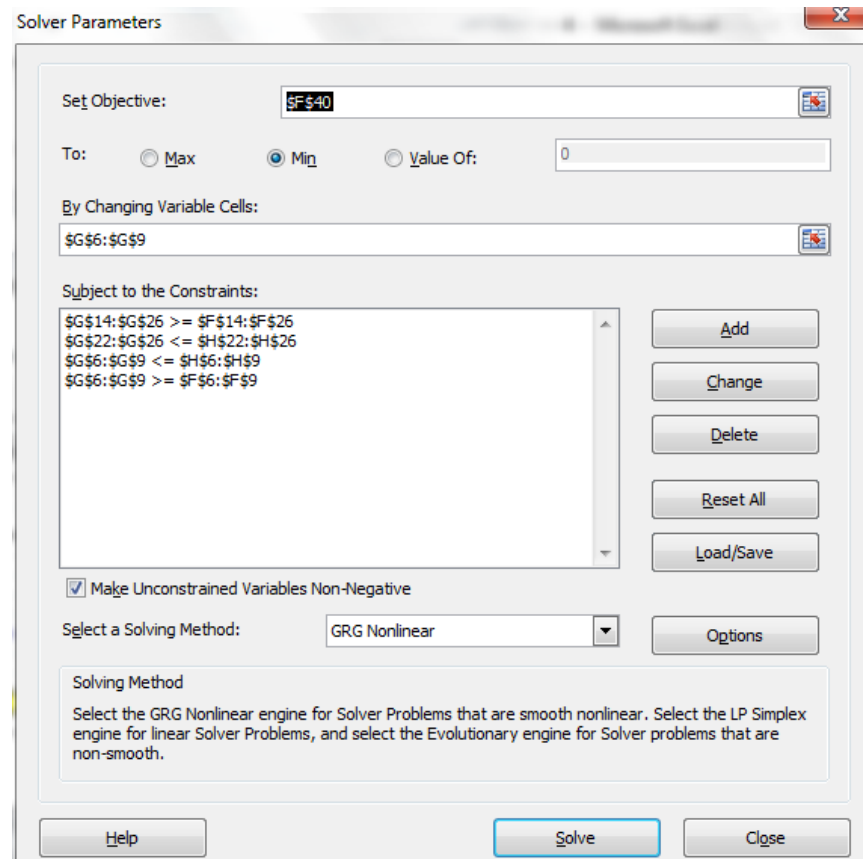
- Memasukkan nilai batasan-batasan atau *constraint*. *Constraint* merupakan batasan-batasan yang telah ditentukan dalam model optimasi. Langkah yang dilakukan untuk

proses *input constraint* adalah memilih tombol *add* pada bagian *Subject to the Constraint*. Berikut adalah tampilan *Add Constraint*



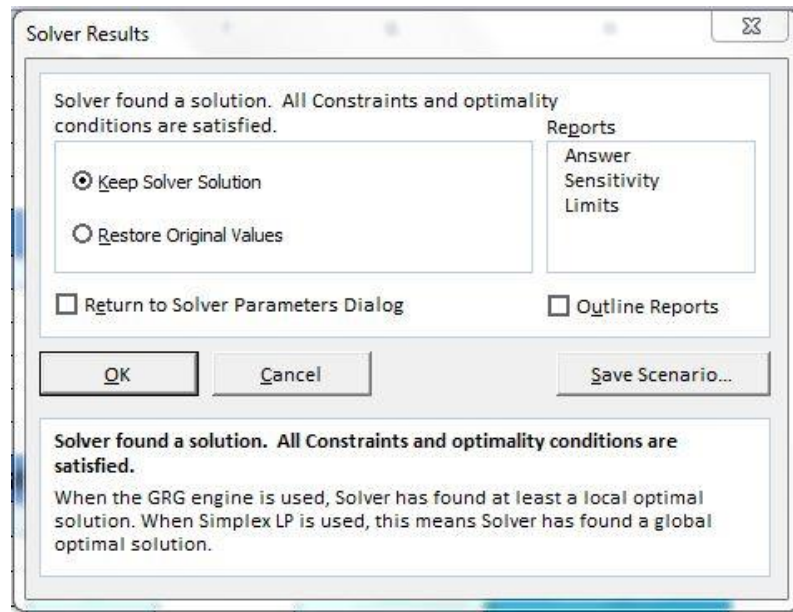
Gambar IV.15 Tampilan *input constraint*

- *Constraint* harus diinput satu-persatu dengan menentukan nilai *constraint* tersebut apakah kurang dari sama dengan (\leq), lebih dari sama dengan (\geq), atau sama dengan ($=$). Berikut gambar Solver parameter setelah *constraint* dalam model dimasukkan.



Gambar IV.16 Tampilan Solver Parameter setelah *Constraint* dalam model dimasukkan

- Menjalankan *Running Solver*, Setelah langkah-langkah diatas selesai dilakukan maka tahap terakhir adalah menjalankan Solver. Untuk running solver klik tombol Solve pada tampilan awal Solver. Jika semua *constraint* memenuhi maka akan keluar *dialog box* seperti pada Gambar IV.17 di bawah ini.



Gambar IV.17 Tampilan Solver Result

IV.9.6 Hasil Optimasi

Hasil optimasi berupa ukuran utama kapal optimal yang memenuhi semua *constraint* (batasan) mulai dari batasan ukuran utama kapal, batasan perbandingan ukuran utama, batasan stabilitas, hukum Archimedes, *trim*, serta *freeboard*. Hasil optimasi menggunakan *Solver* dan dilakukan pembulatan adalah sebagai berikut.

Tabel IV.17 Hasil optimasi ukuran utama

Variable						
	Item	Unit	Symbol	Min	Value	Max
Ukuran Utama	Panjang	m	L	42.2	42.2	47.23
	Lebar	m	B	8.6	8.6	9
	Tinggi	m	H	4.1	4.1	4.5
	Sarat	m	T	3.04	3.04	3.2

Batasan - batasan							
Syarat Teknis	Item	Unit	Symbol	Min	Value	Max	Remark
Froude Number			F_n	0.15	0.278101234	0.32	ACCEPTED
Stabilitas	MG pada sudut oleng 0 deg	m	GM_0	0.15	0.321831147		ACCEPTED
	Lengan statis pada sudut oleng >30	m	GZ_{30°	0.2	6		ACCEPTED
	Sudut kemiringan pada L_s maksimum	deg	θ_{max}	25	40.53711174		ACCEPTED
	Lengan dinamis pada 30 deg	m.rad	e_{30°	0.055	0.079388746		ACCEPTED
	Lengan dinamis pada 40 deg	m.rad	e_{40°	0.09	0.122375179		ACCEPTED
	Luas kurva GZ antara 30 deg - 40 deg	m.rad	$e_{30^\circ} - e_{40^\circ}$	0.03	0.042986433		ACCEPTED
Freeboard	FB	m		0.172386324	1.06		ACCEPTED
Displacement	Koreksi dipalcement	%		-0.5%	0.25%	10.0%	ACCEPTED
Trim	Selisih trim	%		-4.22%	1.56%	4.22%	ACCEPTED
Rasio			L/B	3.5	4.91	10	ACCEPTED
			B/T	1.8	2.83	5	ACCEPTED
			L/T	10	13.88	30	ACCEPTED

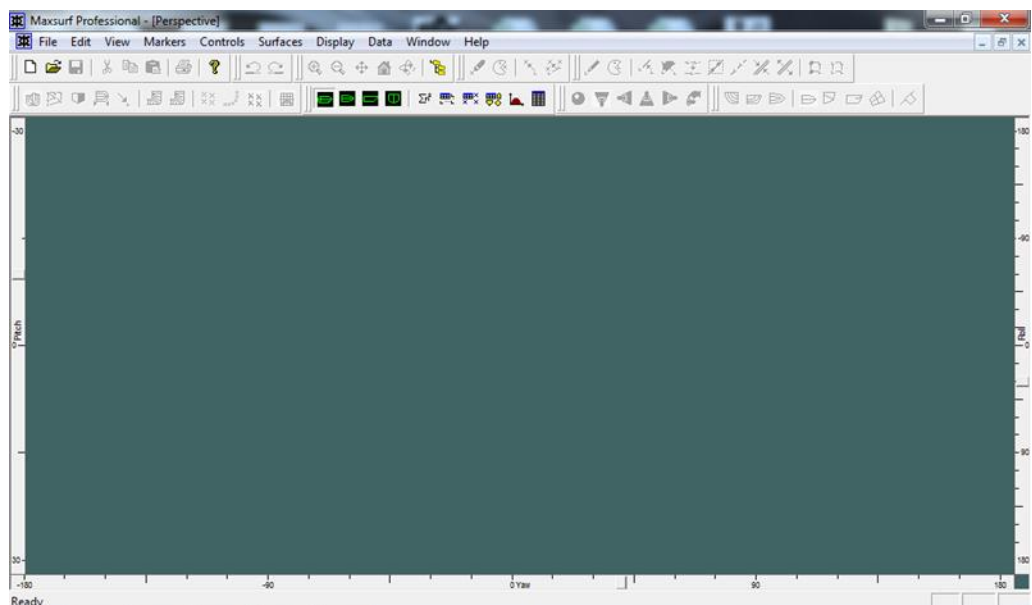
IV.10 Pembuatan Rencana Garis (*Lines Plan*)

Lines plan merupakan gambar yang menyatakan bentuk potongan *body* kapal yang memiliki tiga sudut pandang yaitu, *body plan* (secara melintang), *sheer plan* (secara memanjang) dan *half breadth plan* (dilihat dari atas).

Dalam membuat *lines plan* dibutuhkan metode untuk mengerjakannya. Dalam pengerjaan tugas akhir ini, menggunakan *sample design*. *Sample desain* yang dimaksud yaitu menggunakan contoh kapal yang sudah ada kemudian mengubah parameter sesuai yang diinginkan. Seperti Panjang, Lebar, Sarat, Tinggi, Cb, LCB dan lain-lain.

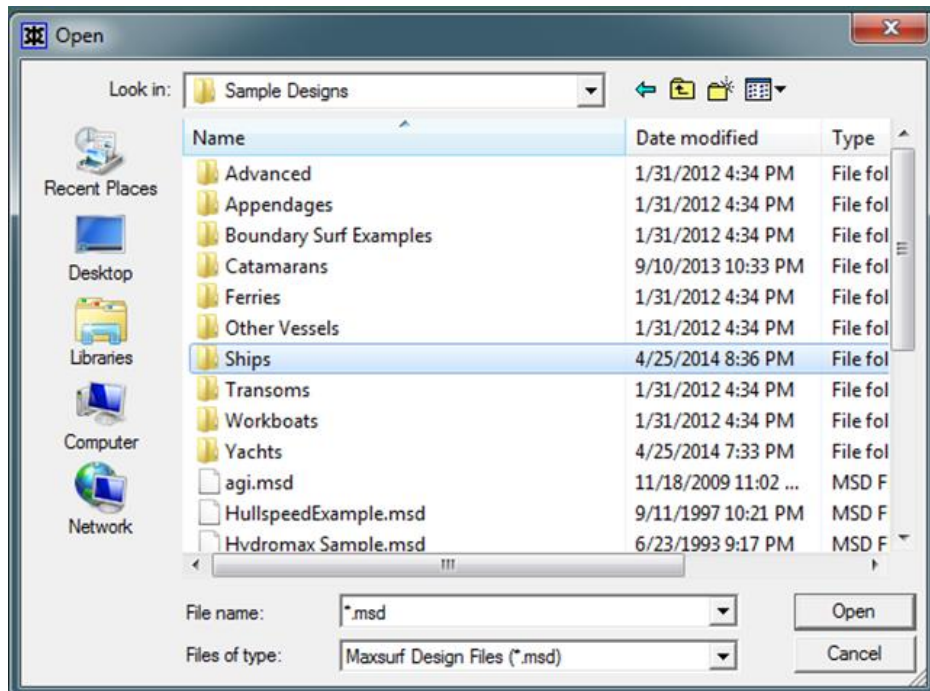
Dalam pembuatan lines plan dengan *sample design*, menggunakan *software maxsurf pro version 11.12*. Adapun langkah-langkah pengerjaannya sebagai berikut :

- Membuka layar kerja *Maxsurf pro version 11.12* seperti yang terlihat pada Gambar IV.18 di bawah ini.



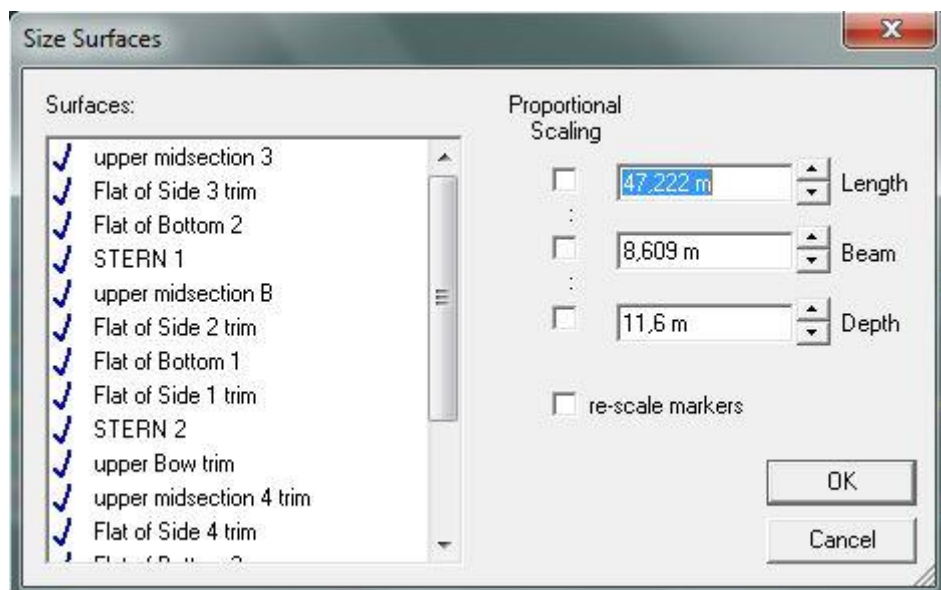
Gambar IV.18 Layar Kerja *Software Maxsurf*

- Membuka *sample designs* sesuai kapal yang akan dibuat. Gambar IV.19 adalah tampilan dialog pada menu *open design*.



Gambar IV.19 Tampilan *Open Design*

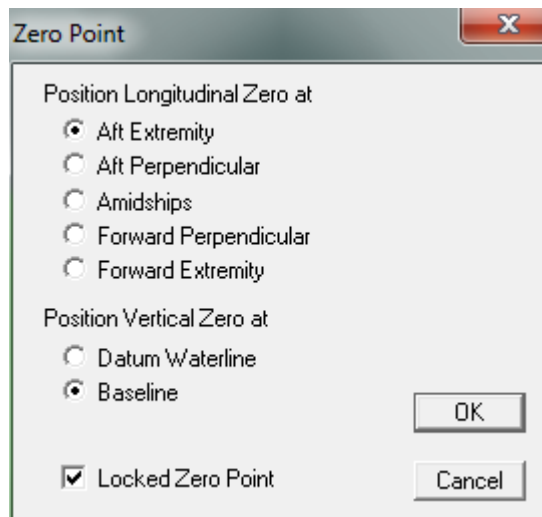
- Memasukkan ukuran pada *size surface* dan akan tampil kotak dialog seperti pada Gambar IV.20 di bawah ini :



Gambar IV.20 Tampilan *Size Surface*

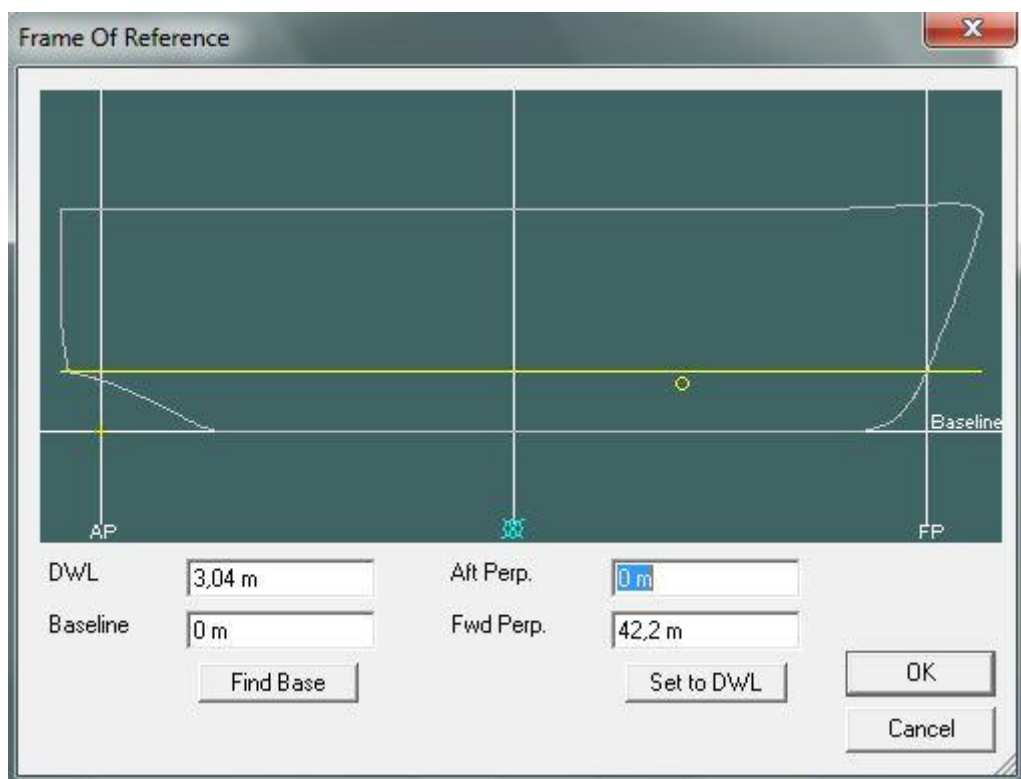
Ukuran-ukuran yang dimasukkan sesuai dengan hasil perhitungan ukuran utama yang optimum.

- Untuk menentukan letak titik nol dari menu data dipilih *Zero Point*, kemudian akan muncul kotak dialog seperti pada Gambar IV.21 di bawah ini :



Gambar IV.21 Tampilan Zero Point

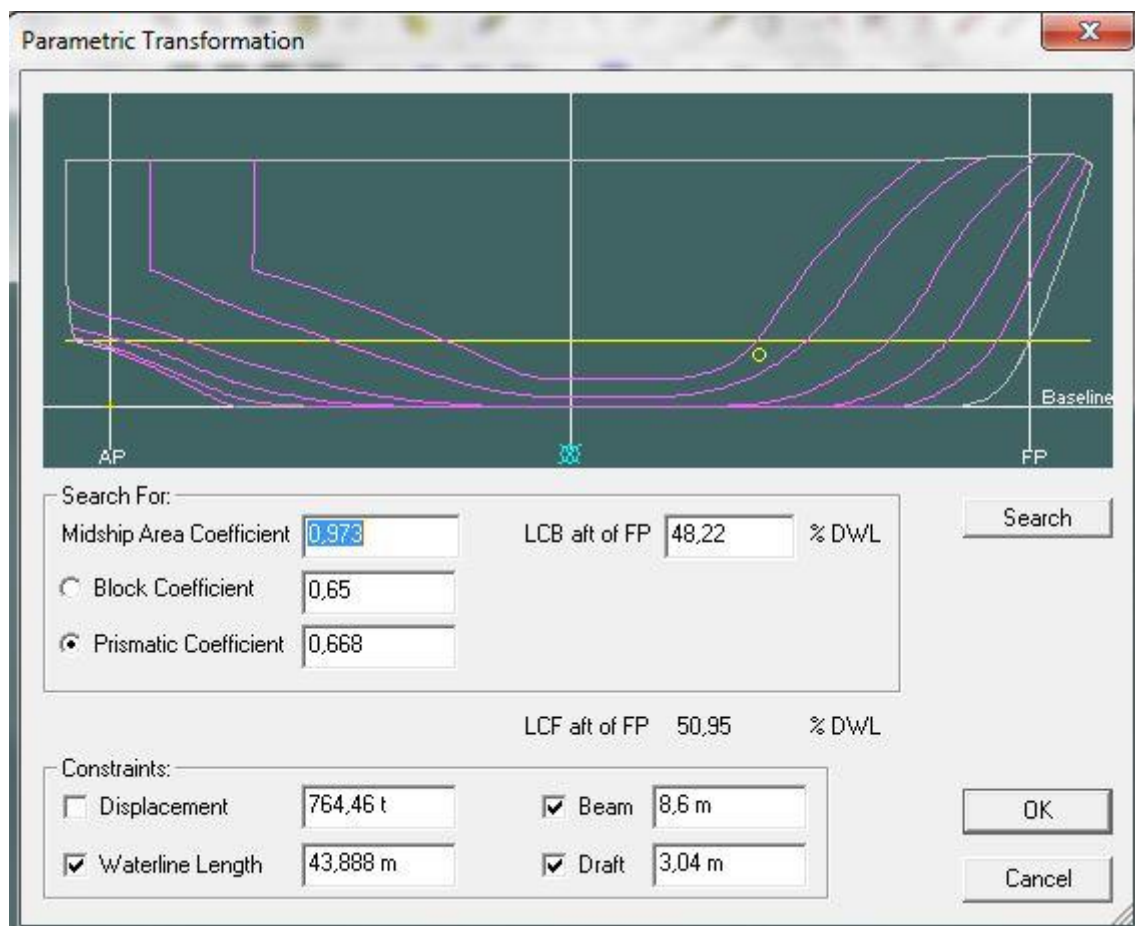
- Setelah ukuran utama ditentukan maka langkah selanjutnya adalah menentukan Lpp. Lpp adalah jarak dari AP ke FP. Fp adalah garis tegak lupus yang memotong linggi haluan kapal dan sarat dan Ap adalah garis tegak lurus pada buritan kapal sebagai sumbu kemudi kapal. Oleh karena itu dalam penentuan Lpp data yang diperlukan adalah tinggi sarat dan jarak Lpp. Untuk memasukkan nilai Lpp dan sarat, pilih menu data kemudian klik *Frame of Reference*, maka akan muncul kotak dialog seperti pada Gambar IV.22 di bawah ini :



Gambar IV.22 Tampilan Frame of Reference

Kemudian dimasukkan angka sarat pada kolom DWL dan nilai Lpp pada Fwd Perp karena *zero point* diletakkan di AP.

- Pada menu *parametric tranformation* dilakukan pencocokan nilai-nilai koefisien dan ukuran utama pada model dengan nilai-nilai koefisien dan ukuran utama yang diperoleh dari perhitungan. Dalam menu ini, akan ditampilkan kotak dialog yang berisi batasan-batasan yang digunakan sebagai dasar dalam pencarian model kapal yang sesuai dengan perhitungan. Gambar IV.23 merupakan tampilan kotak dialog dari *parametric transformation*.



Gambar IV.23 Tampilan *Parametic Transformation*

Setelah mendapatkan hasil model yang sesuai dengan kriteria, maka dilakukan pemeriksaan pada nilai hidrosatik model kapal tersebut. Gambar IV.24 di bawah ini merupakan tampilan dari hidrostatik model.

Hydrostatics at DWL

	Measurement	Value	Units
1	Displacement	764,049	tonne
2	Volume	745,414	m ³
3	Draft to Baseline	3,04	m
4	Immersed depth	3,04	m
5	Lwl	43,888	m
6	Beam wl	8,6	m
7	WSA	460,568	m ²
8	Max cross sect area	25,438	m ²
9	Waterplane area	303,52	m ²
10	Cp	0,668	
11	Cb	0,65	
12	Cm	0,973	
13	Cwp	0,804	
14	LCB from zero pt	21,047	m
15	LCF from zero pt	19,842	m
16	KB	1,66	m
17	KG	0	m
18	BMt	2,044	m
19	BMI	47,583	m
20	GMt	3,704	m
21	GMI	49,243	m
22	KMt	3,704	m
23	KMI	49,243	m
24	Immersion (TPc)	3,111	tonne/cm
25	MTc	8,916	tonne.m
26	RM at 1deg = GMt.Di	49,393	tonne.m
27	Precision	Medium	50 station

Density: 1,025 tonne/m³ Recalculate

VCG: 0 m Close

Gambar IV.24 Tampilan Nilai Hidrostatik di Maxsurf

- Setelah model sesuai dengan kriteria desain, maka langkah selanjutnya yaitu pembagian *station*, *buttock line* dan *water line*. Pembagian ini dilakukan untuk penggambaran model menjadi bentuk pandangan proyeksi atau *lines plan*. Untuk pembagian tersebut dilakukan di menu data kemudian *grid spacing*.

Grid Space

	Label	Station m	Split
1	AP	0,000	<input type="checkbox"/>
2	0,5	1,055	<input type="checkbox"/>
3	1	2,110	<input type="checkbox"/>
4	1,5	3,165	<input type="checkbox"/>
5	2	4,220	<input type="checkbox"/>
6	2,5	5,275	<input type="checkbox"/>
7	3	6,330	<input type="checkbox"/>
8	3,5	7,385	<input type="checkbox"/>
9	4	8,440	<input type="checkbox"/>
10	5	10,550	<input type="checkbox"/>
11	6	12,660	<input type="checkbox"/>
12	7	14,770	<input type="checkbox"/>
13	8	16,880	<input type="checkbox"/>
14	9	18,990	<input type="checkbox"/>

☒ Sections
☐ Buttocks
☐ Waterlines
☐ Diagonals

Add Delete
 Sort Space

OK
 Cancel

Gambar IV.25 Tampilan Pembagian *Station*

Grid Space

	Label	Buttocks m
1	CL	0,000
2	1	1,000
3	2	2,000
4	3	3,000
5	4	4,000
6	4,3	4,295

☐ Sections
☒ Buttocks
☐ Waterlines
☐ Diagonals

Add Delete
 Sort Space

OK
 Cancel

Gambar IV.26 Tampilan Pembagian *Buttock Line*

Grid Space

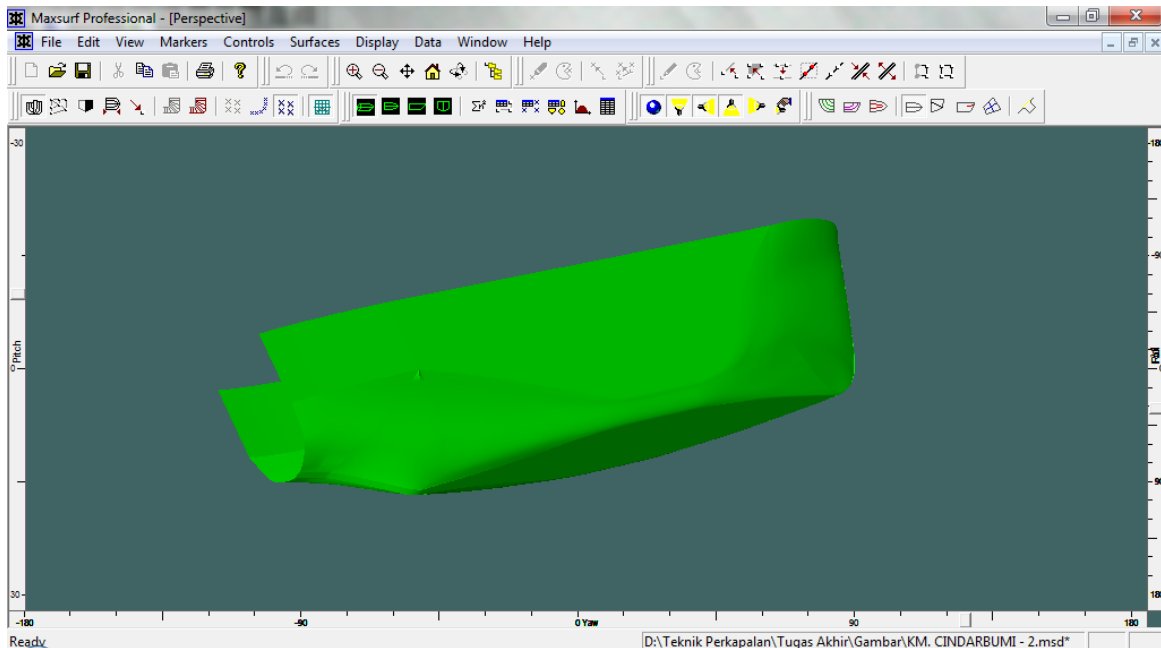
	Label	Waterlines m
1	BASE	0,000
2	0,5	0,500
3	1	1,000
4	1,5	1,500
5	2	2,000
6	MAIN	4,100
7	POOP	6,600
8	FORE	7,600

☐ Sections
☐ Buttocks
☒ Waterlines
☐ Diagonals

Add Delete
 Sort Space

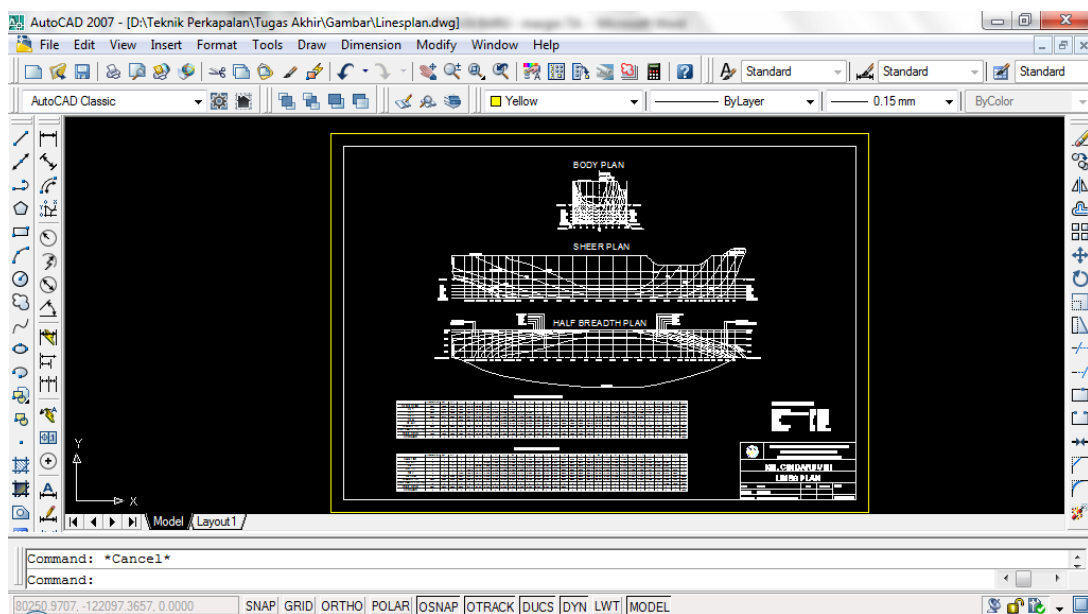
OK
 Cancel

Gambar IV.27 Tampilan Pembagian *Water Line*



Gambar IV.28 Tampilan model 3D

- Kemudian memindahkan ke program autocad. Memindahkan ke autocad dilakukan untuk penggambaran secara lengkap mulai dari *body plan*, *sheer plan*, *half-breadth plan*, tabel offset dan kepala gambar. Gambar IV.29 merupakan tampilan penggambaran di *Autocad*.



Gambar IV.29 Penggambaran *Linesplan* di *Autocad*

IV.11 Pembuatan Rencana Umum (*General Arrangement*)

Rencana Umum / *General Arrangement* dalam ”*Ship Design and Construction*, Bab III” didefinisikan sebagai perencanaan ruangan yang dibutuhkan sesuai dengan fungsi dan perlengkapannya. Ruangan-ruangan tersebut misalnya ruang muat, ruang akomodasi, ruang mesin, dll. Disamping itu, juga meliputi perencanaan penempatan lokasi ruangan beserta aksesnya. Rencana umum dibuat berdasarkan *lines plan* yang telah dibuat sebelumnya. Berikut adalah perencanaan-perencanaan yang dibuat di kapal penumpang barang ini.

IV.11.1 Perencanaan Jarak Gading

Untuk jarak gading, direncanakan sebesar 0.6 m atau 600 mm dengan asumsi semua jarak gading dianggap sama. Termasuk juga pada daerah belakang ceruk buritan dan daerah depan sekat tubrukan. Dimana perencanaan ini masih sesuai dengan aturan BKI untuk jarak gading maksimum pada daerah tersebut adalah 0.6 m atau 600 mm.

IV.11.2 Perencanaan Tinggi *Double Bottom*

Berdasarkan peraturan BKI *volume II* tahun 2009 *Section 8.B.2.2*, tinggi dasar ganda atau *double bottom* ditentukan dengan rumus:

$$\begin{aligned} H &= 350 + 45.B && (\text{mm}) \\ &= 350 + (45 \times 8.6) \\ &= 737 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$h_{\text{min}} = 600 \text{ mm}$$

sehingga tinggi *double bottom* yang direncanakan yaitu 750 mm.

IV.11.3 Perencanaan Letak Sekat

Dalam peraturan BKI *Volume II* tahun 2009 *Section 11*, persyaratan untuk pembagian sekat ruang muat (kamar mesin dibelakang) adalah sebagai berikut :

Tabel IV.18 Pembagian sekat berdasarkan BKI

L (m)	Letak ruang mesin	
	belakang	lainnya
$L \leq 65$	3	4
$65 \leq L \leq 85$	4	4
$85 \leq L \leq 105$	4	5
$105 \leq L \leq 125$	5	6
$125 \leq L \leq 145$	6	7
$145 \leq L \leq 165$	7	8
$165 \leq L \leq 185$	8	9
$L > 185$	dipertimbangkan secara khusus	

Berdasarkan Tabel IV.18 didapatkan bahwa jumlah minimum sekat kedap untuk kapal penumpang barang ini adalah 3 sekat. Kapal ini dirancang dengan 4 sekat diantaranya :

1) Sekat Tubrukan

Berdasarkan BKI *Volume II* tahun 2009 *Section 11*, letak sekat tubrukan untuk kapal dengan $L < 200$ m minimum $0.05 L$ dan maksimum $0.08 L$ diukur dari FP. Jarak sekat tubrukan diambil jarak maksimum yaitu 3.4 m.

2) Sekat Ceruk Buritan

Sekat ceruk buritan diletakkan sekurang-kurangnya 3 jarak gading dari ujung depan *boss propeller* = $3 \times 0.6 \text{ m} = 1.8 \text{ m}$.

3) Sekat Depan Kamar Mesin

Penentuan panjang kamar mesin harus memperhatikan beberapa hal misalnya ukuran mesin utama dan perlengkapan. Dalam kapal penumpang barang ini direncanakan panjang kamar mesin 8.4 m dari sekat ceruk buritan.

4) Sekat Ruang Muat

Kapal direncanakan hanya dengan satu ruang muat, yaitu dari sekat tubrukan sampai sekat depan ruang akomodasi dengan panjang ruang muat 9 m.

IV.11.4 Perencanaan Akomodasi Penumpang

- *Main Deck*

Pada *main deck* terdapat kursi penumpang berjumlah 40 buah dan *double bed* dengan jumlah 45 buah, sehingga di *main deck* total penumpang berjumlah 130 orang. Di *main deck* juga dilengkapi dengan *ATM gallery* dengan tujuan untuk meningkatkan pelayanan transaksi keuangan yang lebih mudah dan efisien.

- *Double Bottom Deck*

Di dalam *double bottom deck* terdapat *double bed* dengan jumlah 60 buah sehingga penumpang di *double bottom deck* berjumlah 120 orang.

IV.11.5 Perencanaan Tangga Akomodasi

Dalam merencanakan tangga akomodasi ada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi, yaitu

- Tangga akomodasi pada saat diturunkan harus mencapai sarat muatan kosong. Berikut adalah perhitungan sarat saat muatan kosong.

$$\Delta = 762.587 \text{ ton}$$

$$\text{DWT} = 350 \text{ ton}$$

$$\text{LWT} = 412.587 \text{ ton}$$

Maka

$$\Delta \text{ saat muatan kosong} = \text{LWT}$$

$$L \times B \times T \text{ kosong} \times C_b \times 1.025 = 412.587$$

$$42.2 \times 8.6 \times T \text{ kosong} \times 0.65 \times 1.025 = 412.587$$

$$T \text{ kosong} \times 235.898 = 412.587$$

$$T \text{ kosong} = 1.749 \text{ m}$$

$$= 1.75 \text{ m}$$

- Lebar tangga = 0.8 m
- Karena tinggi kapal (H) 4.1 meter maka jarak vertikal anak tangga = 2.35 m
- Tangga membentuk sudut 55° dari garis horizontal sehingga dilihat dari *top view* tangga berukuran 2.89 m.
- Tangga berjumlah 2 buah, diletakkan masing-masing pada sisi *main deck* kapal.

IV.11.6 Perlengkapan Alat-alat Keselamatan

Kapal penumpang barang yang dioperasikan sebagai kapal perintis digolongkan sebagai kapal penumpang non-konvensi. Oleh karena itu, perlengkapan alat-alat keselamatan kapal penumpang barang ini didasarkan pada Peraturan Menteri Nomor 65 Tahun 2009 tentang Standar Kapal Non-Konvensi Berbendera Indonesia dan Surat Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Laut Nomor UM.008/9/20/DJPL-12 tentang Petunjuk Teknis Pelaksanaan Kapal Non-Konvensi Berbendera Indonesia. Berikut adalah perlengkapan alat-alat keselamatan berdasarkan Standar Kapal Non-Konvensi Berbendera Indonesia :

- Sekoci dan Rakit Penolong (*Inflatable Life-Raft*)

Untuk kapal > 500 GT, sekoci yang digunakan yaitu sekoci kategori B dengan kapasitas 25% pelayar yang diletakkan di tiap sisi kapal. Sekoci kategori B adalah sekoci terbuka yang dibuat dengan dinding yang tegar dan harus memiliki stabilitas yang cukup serta lambung timbul yang memadai jika dimuati dengan peralatan dan jumlah orang sesuai sesuai kapasitasnya. Rakit penolong (ILR) yang digunakan yaitu ILR kategori B dengan kapasitas 75% pelayar. Gambar sekoci dan rakit penolong dapat dilihat pada Gambar IV.31 dan Gambar IV.32 di bawah ini.



Gambar IV.31 Lifeboat Open Type
(sumber : www.suryasegara.com)



Gambar IV.32 Inflatable Life-Raft
(sumber : www.liferaft.asia)

Pada kapal penumpang barang ini direncanakan 2 buah sekoci yang terletak di sisi *poop deck* dengan kapasitas masing-masing 43 orang. Sekoci tersebut memiliki dimensi 7.5 x 2.5 x 1.05 m. Untuk *Inflatable Life-Raft* direncanakan berjumlah 10 buah dengan masing-masing kapasitas 20 orang dan diletakkan di sisi *poop deck* bagian belakang.

IV.11.7 Perencanaan Tangki

Perencanaan tangki diperlukan untuk memuat kebutuhan-kebutuhan *consumables* dan tangki-tangki lain seperti tangki ballast. Tangki-tangki yang direncanakan harus sesuai dengan volume yang telah dihitung. Berikut adalah perencanaan tangki-tangki dalam kapal penumpang barang ini:

1) Tangki Bahan Bakar (*Fuel oil*)

Tangki bahan bakar atau fuel oil kapal penumpang barang ini diletakkan di *double bottom* tepat di bawah ruang muat. Peletakan diletakkan jauh dari mesin utama karena dikhawatirkan jika terjadi kebakaran di kamar mesin tidak mengenai tangki bahan bakar karena sifatnya yang mudah terbakar. Tangki ini memiliki panjang 5.75 m, lebar 3.70 m dan tinggi 0.75 m.

2) Tangki Pelumas (*Lubrication oil*)

Tangki ini diletakkan di *double bottom* kamar mesin dan berada di tengah. Tangki ini memiliki dimensi panjang 1.8 m, lebar 1.6 m dan tinggi 0.75 m.

3) Tangki Air Tawar (*Fresh water*)

Tangki ini diletakkan di *after peak tank* dengan dimensi panjang 4.2 m, lebar 7.8 m dan tinggi 3.35 m.

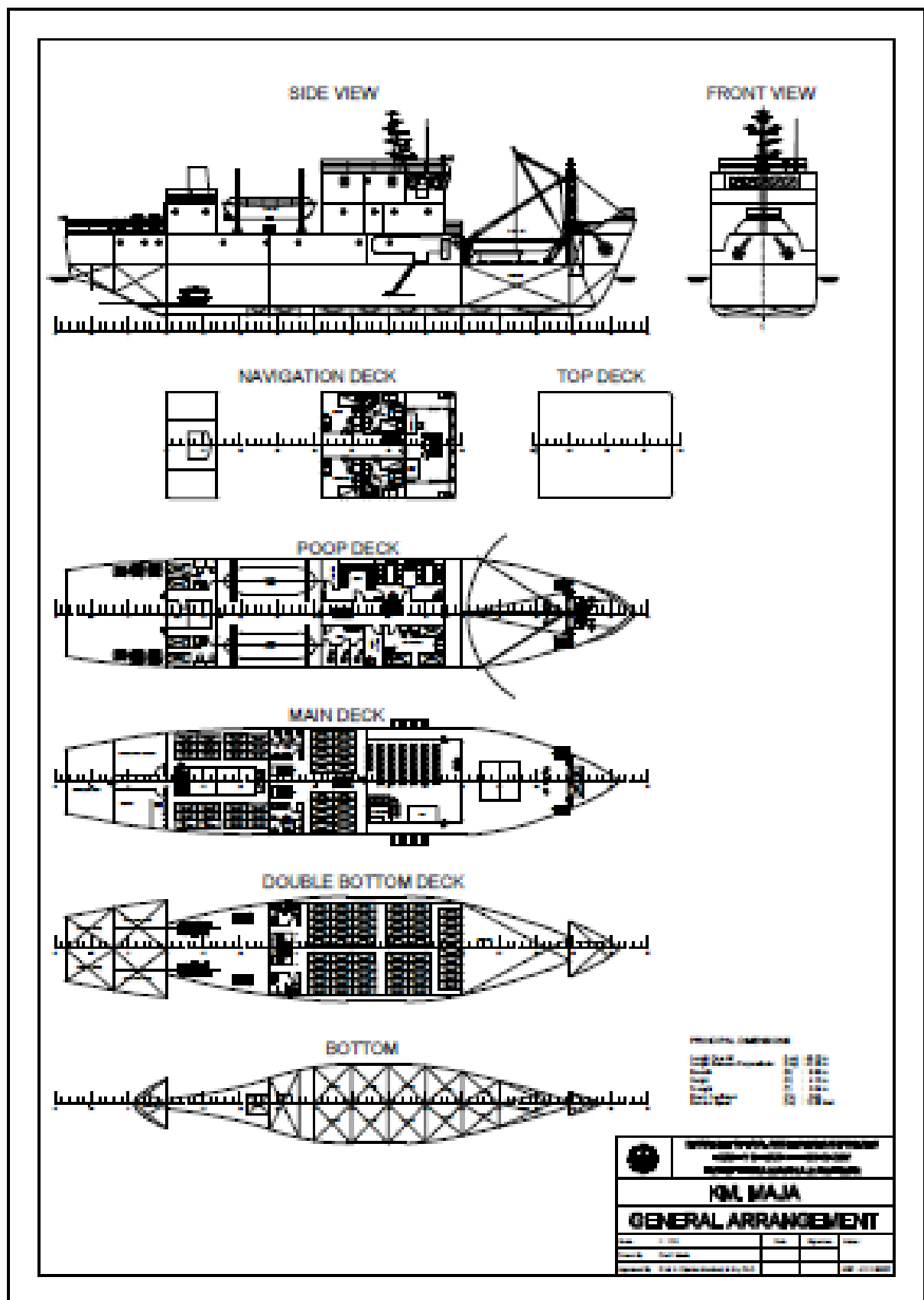
4) Tangki *Ballast*

Tangki ballast diletakkan di *double bottom* tepatnya pada gading nomor 30 sampai dengan gading nomor 55 sepanjang 15 m dan dibagi menjadi 5 buah tangki dengan masing-masing panjang 3 m

5) Tangki *Sewage*

Tangki *sewage* kapal penumpang barang ini diletakkan di *double bottom* di bawah ruang akomodasi penumpang. Memiliki panjang 2.4 m dari sekat depan kamar mesin.

Gambar IV.33 di bawah ini merupakan hasil gambar rencana umum atau *General Arrangement* kapal penumpang barang yang sesuai perencanaan-perencanaan di atas.



Gambar IV.33 General Arrangement

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan

Dari tugas akhir yang berjudul “Desain Kapal Penumpang Barang 350 DWT untuk Jasa Angkutan Laut Perintis Pangkalan Semarang Trayek R-12” dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil pengumpulan dan analisis data jumlah penumpang dari masing-masing pelabuhan yang dilewati, maka kapal penumpang barang 350 DWT ini memiliki kapasitas penumpang berjumlah 250 orang dan untuk kapasitas muatan barang sebesar 136.528 ton.
2. Berdasarkan hasil perhitungan optimasi dengan fungsi obyektif harga pembangunan kapal tersebut, didapatkan dimensi dan karakteristik kapal sebagai berikut :

- Tipe Kapal : Penumpang Barang
- Panjang Keseluruhan (LOA) : 46,10 m
- Panjang Garis Air (LWL) : 43,88 m
- Panjang Garis Tegak (LPP) : 42,2 m
- Lebar (B) : 8,6 m
- Tinggi (H) : 4,1 m
- Sarat (T) : 3.04 m
- Koefisien Blok (Cb) : 0.65
- Displacement (Δ) : 764.460 ton
- Kecepatan (Vs) : 11 knot
- Biaya Pembangunan : \$ 3,621,225 USD atau Rp. 46,706,562,859,-

Ukuran-ukuran utama tersebut telah memenuhi kriteria-kriteria yang dijadikan batasan dalam proses optimasi seperti rasio ukuran utama, selisih *displacement* (Hukum Archimedes), trim, *freeboard* atau lambung timbul dan stabilitas.

3. Hasil rencana garis (*lines plan*) dan rencana umum (*general arrangement*) kapal penumpang barang 350 DWT ini telah sesuai dengan hasil ukuran utama yang optimal dan sesuai dengan standar atau *rules* yang digunakan. Hasil rencana garis (*lines plan*) dan rencana umum (*general arrangement*) dapat dilihat di lampiran B & lampiran C.

V.2 Saran

Dalam pengerjaan Tugas Akhir pasti memiliki kekurangan dan kelebihan. Namun kekurangan itu dapat dijadikan saran untuk dikembangkan menjadi penelitian yang baru. Mengingat masih banyaknya perhitungan yang dilakukan dengan rumus-rumus pendekatan sederhana dari berbagai macam referensi, maka untuk penyempurnaan disarankan untuk melakukan beberapa proses perencanaan lebih lanjut mengenai:

1. Pencarian data arus lalu lintas penumpang dan barang dari setiap trip yang dilalui.
2. Perhitungan teknis yang lebih akurat dengan membuat model sehingga mempermudah melakukan perhitungan seperti berat kapal dll.
3. Perhitungan biaya pembangunan secara akurat dengan adanya detail konstruksi kapal dan rencana produksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Andanniyo, G. (2014). *Desain Ulang Kapal Perintis 200 DWT Untuk Meningkatkan Performa Kapal*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Bertram, H. S. (1998). *Ship Design for Efficiency and Economy*. UK: Butterworth Heinemann.
- Hafiz, M. R. (2014). *Desain Kapal Penumpang Barang Untuk Pelayaran Gresik-Bawean*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Biro Klasifikasi Indonesia. (2009). *Rules for The Classification and Construction of Seagoing Steel Ships, Volume II Rules for Hull*. Jakarta: Biro Klasifikasi Indonesia.
- Kundoko, B. (2006). *Analisa Teknis dan Ekonomis Perencanaan Kapal Penumpang Barang 500 DWT untuk Pelayaran Perintis di Indonesia*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Lewis, E. V. (1980). *Principles of Naval Architecture Second Revision, Volume II Resistance, Propulsion and Vibration*. Jersey City: The Society of Naval Architects & Marine Engineers.
- Manfaat, D. (2013). *Case-Based Design : Desain Berbasis Kasus*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Panunggal, P. E. (2007). *Diktat Kuliah Tugas Merancang Kapal I*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Parson, M. G. (2001). *Parametric Ship Design Chapter 11*. Michigan: University of Michigan.

Perhitungan Ukuran Utama Awal

Persyaratan

- 1 Payload 318.1818 ton
- 2 Service Speed 11 knot
- 3 Rute Jawa Tengah - Kalimantan Tengah
- 4 Muatan Penumpang & Barang

Data Kapal Pembanding

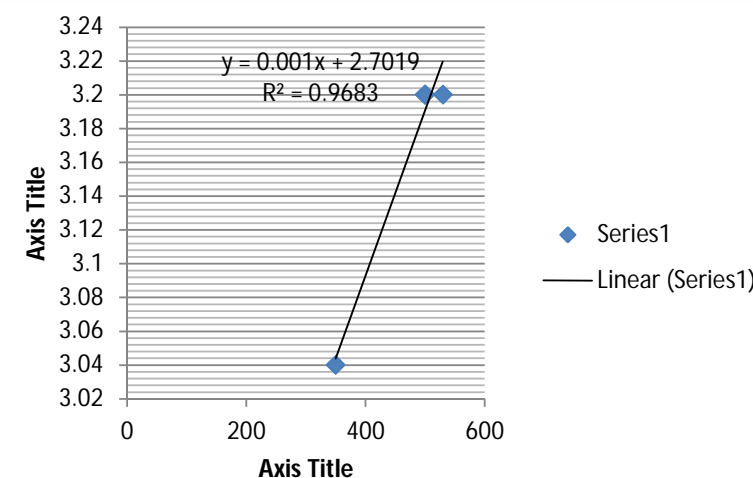
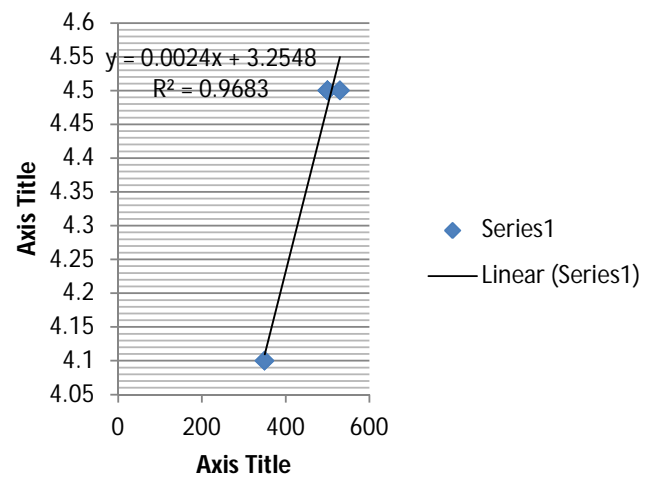
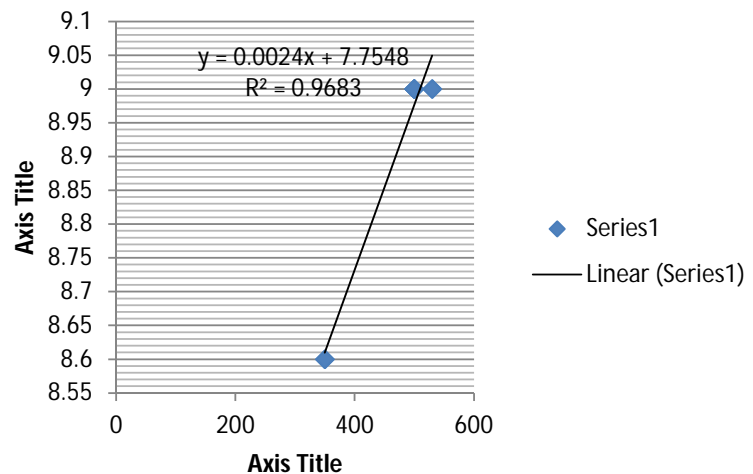
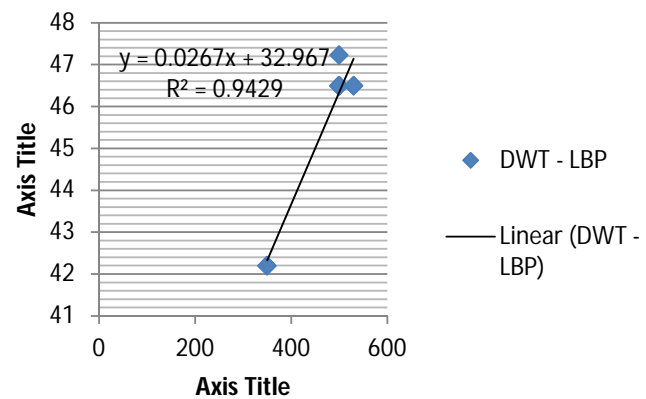
No.	Nama Kapal	Bendera	DWT (ton)	GT	LOA (m)	LPP (m)	B (m)	H (m)	T (m)	Tahun Pembuatan	Klasifikasi
1	BUKIT PATUNG	Indonesia	350	644	47	42.2	8.6	4.1	3.04	2008	BKI
2	PAPUA ENAM	Indonesia	350	644	47	42.2	8.6	4.1	3.04	2008	BKI
3	AMUKTI PALAPA	Indonesia	500	745	51	46.5	9	4.5	3.2	2004	BKI
4	BANDA NAIRA	Indonesia	500	745	51	46.5	9	4.5	3.2	2004	BKI
5	ENTE BE EXPRES	Indonesia	500	745	51	47.23	9	4.5	3.2	2008	BKI
6	KIE RAHA-II	Indonesia	500	745	51	46.5	9	4.5	3.2	2004	BKI
7	KIE RAHA-III	Indonesia	500	745	51	46.5	9	4.5	3.2	2004	BKI
8	MALOLI	Indonesia	529.9	745	51	46.5	9	4.5	3.2	2005	BKI
9	PAPUA LIMA	Indonesia	529.9	745	51	46.5	9	4.5	3.2	2006	BKI
max						47.23	9	4.5	3.2		
min						42.2	8.6	4.1	3.04		

Pethitungan Ukuran Utama awal berdasarkan hasil regresi linier

$$\begin{aligned}
 \text{LBP (m)} &= 0.0267x + 32.967 = 41.462 \text{ m} \\
 \text{Breadth (m)} &= 0.0024x + 7.7548 = 8.5184 \text{ m} \\
 \text{Height (m)} &= 0.0024x + 3.2548 = 4.0184 \text{ m} \\
 \text{Draught (m)} &= 0.001x + 2.7019 = 3.0201 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{LBP (m)} &= 41.46245 \text{ m} \\
 \text{Breadth (m)} &= 8.518436 \text{ m} \\
 \text{Height (m)} &= 4.018436 \text{ m} \\
 \text{Draught (m)} &= 3.020082 \text{ m}
 \end{aligned}$$

DWT - LBP



PROSES OPTIMASI DESAIN KAPAL PENUMPANG BARANG

Variable						
	Item	Unit	Symbol	Min	Value	Max
Ukuran Utama	Panjang	m	L	42.2	42.2	47.23
	Lebar	m	B	8.6	8.6	9
	Tinggi	m	H	4.1	4.1	4.5
	Sarat	m	T	3.04	3.04	3.2

Batasan - batasan							
Syarat Teknis	Item	Unit	Symbol	Min	Value	Max	Remark
Froude Number			F_n	0.15	0.278101	0.32	ACCEPTED
Stabilitas	MG pada sudut oleng 0 deg	m	GM_0	0.15	0.321831		ACCEPTED
	Lengan statis pada sudut oleng >30	m	GZ_{30°	0.2	6		ACCEPTED
	Sudut kemiringan pada L_s maksimum	deg	θ_{max}	25	40.53711		ACCEPTED
	Lengan dinamis pada 30 deg	m.rad	e_{30°	0.055	0.079389		ACCEPTED
	Lengan dinamis pada 40 deg	m.rad	e_{40°	0.09	0.122375		ACCEPTED
	Luas kurva GZ antara 30 deg - 40 deg	m.rad	$e_{30^\circ} - e_{40^\circ}$	0.03	0.042986		ACCEPTED
Freeboard	FB	m		0.172386324	1.06		ACCEPTED
Displacement	Koreksi dipalcement	%		-0.5%	0.25%	10.0%	ACCEPTED
Trim	Selisih trim	%		-4.22%	1.56%	4.22%	ACCEPTED
Rasio			L/B	3.5	4.91	10	ACCEPTED
			B/T	1.8	2.83	5	ACCEPTED
			L/T	10	13.88	30	ACCEPTED

Objective Function				
	Item	Unit	Symbol	Value
	Hull cost	\$		1,065,184.53
	E & O cost	\$		1,571,371.88
	ME cost	\$		984,668.80
	Total cost	\$		3,621,225.22

Parameters				
	Item	Unit	Symbol	Value
	Payload	ton		153.92
	Kecepatan	knots	Vs	11

Konstanta				
	Item	Unit	Symbol	Value
	Massa Jenis Air Laut	ton/m ³	ρ air laut	1.025
	Gaya Gravitasi	m/s ²	g	9.81
	Radius Pelayaran	mil		1238
	Massa Jenis Baja	kg/m ³	ρ baja	7,850

Kalkulasi				
	Item	Unit	Symbol	Value
Kapasitas	Displacement	Ton	Δ	764.460
	Deadweight	Ton	DWT	350.00
	Lightweight	Ton	LWT	412.59
	Total Berat	Ton	DWT+LWT	762.59
	Selisih displacement-berat	%		0.25%
LWT	Hull	Ton	W_{st}	275.459
	Hull Equipment & Outfitting	Ton	W_{eo}	86.476
	Permesinan	Ton	W_{ME}	50.7
Koefisien	Koefisien Prismatic		C_p	0.662
	Koefisien Midship		C_m	0.981
	Koefisien garis air		C_w	0.799
	Koefisien blok		C_b	0.650
Titik Berat	Tinggi Titik Berat	m	KG	3.384
	Jarak titik berat dari FP	m	LCG	18.821
Titik Apung	Tinggi Titik Apung	m	KB	1.64
	Jarak titik apung dari FP	m	LCB	21.82

Koreksi Ukuran Utama dan Perhitungan Koefisien

Ukuran Utama

$$\begin{aligned} L_{pp} &= 42.200 \text{ m} \\ B &= 8.600 \text{ m} \\ H &= 4.100 \text{ m} \\ T &= 3.040 \text{ m} \\ V_s &= 11.000 \text{ knot} \\ &= 5.658 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Perhitungan Froude Number

$$\begin{aligned} Fn &= \frac{V_s}{\sqrt{g \cdot L_{pp}}} ; g = 9.81 \text{ m/s}^2 \\ &= 0.2781 ; 0,15 \leq Fn \leq 0,32 \end{aligned}$$

Perbandingan Ukuran Utama

$$\begin{aligned} L/B &= 4.907 ; \text{Principle of Naval Architecture Vol. I hal. 19} \rightarrow 3.5 < L/B < 10 \\ B/T &= 2.829 ; \text{Principle of Naval Architecture Vol. I hal. 19} \rightarrow 1.8 < B/T < 5 \\ L/T &= 13.882 ; \text{Principle of Naval Architecture Vol. I hal. 19} \rightarrow 10 < L/T < 30 \\ L/16 &= 2.638 ; \text{BKI Vol. II Tahun 2006} \rightarrow H > L/16 \end{aligned}$$

Perhitungan Koefisien dan Ukuran Utama Lainnya

1. Koefisien Blok (Watson & Gilfillan)

Parametric Ship Design hal. 11

$$\begin{aligned} C_B &= -4.22 + 27.8 \cdot \sqrt{Fn} - 39.1 \cdot Fn + 46.4 \cdot Fn^3 \\ &= 0.569 \text{ dibuat } 0.65 \end{aligned}$$

2. Koefisien Luas Midship

Parametric Ship Design hal. 11 - 12

$$\begin{aligned} C_M &= 0.977 + 0.085 \cdot (C_B - 0.6) \\ &= 0.981 \end{aligned}$$

3. Koefisien Prismatic

$$\begin{aligned} C_p &= \frac{C_B}{C_M} \\ &= 0.662 \end{aligned}$$

4. Koefisien Bidang Garis Air

Parametric Ship Design hal. 11 - 16

$$\begin{aligned} C_{WP} &= 0.262 + 0.810 \cdot C_p \\ &= 0.799 \end{aligned}$$

5. Panjang Garis Air

$$\begin{aligned} L_{WL} &= 104\% \cdot L_{pp} \\ &= 43.888 \end{aligned}$$

6. Longitudinal Center of Bouyancy

$$\begin{aligned} \text{a. LCB (\%)} \\ \text{LCB} &= -1.7 \% \end{aligned}$$

b. LCB dari M

$$\begin{aligned} \text{LCB} &= \frac{\text{LCB (\%)}}{100} \cdot L_{pp} \\ &= -0.7174 \text{ m dari M} \end{aligned}$$

c. LCB dari AP

$$\begin{aligned} \text{LCB} &= 0.5 \cdot L_{pp} - \text{LCB}_M \\ &= 20.3826 \text{ m dari AP} \end{aligned}$$

7. Volume Displasemen

$$\begin{aligned} V &= L \cdot B \cdot T \cdot C_B \\ &= 745.815 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

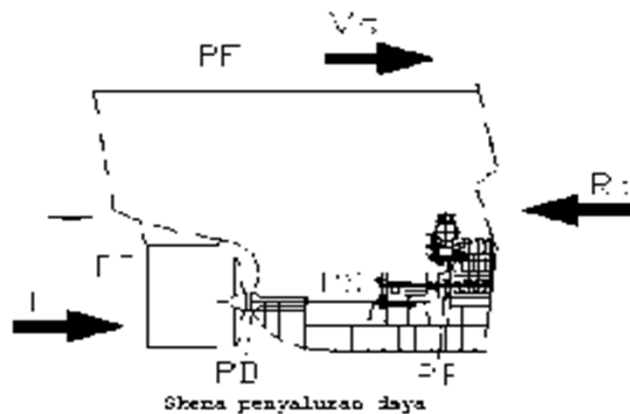
8. Displasemen

$$\begin{aligned} D &= V \cdot \rho \\ &= 764.460 \text{ ton} \end{aligned}$$

Perhitungan Propulsi dan Daya Mesin

Input Data

L_{WL}	=	43.888 m	
T	=	3.040 m	
C_B	=	0.650	
R_T	=	75.468 kN	
D	=	1.976 m	; Diameter (0.6 s.d. 0.65) $\cdot T$
n_{rpm}	=	110 rpm	
n_{rps}	=	1.833 rps	
P/D	=	1	; Pitch Ratio (0.5 s.d. 1.4)
z	=	4 blade	; Jumlah Blade
A_E/A_0	=	0.4	; Expanded Area Ratio



Perhitungan Awal

$$\begin{aligned}
 1+k &= 1.3001975 \\
 C_F &= \frac{0.075}{(\log_{10} Rn - 2)} \\
 &= 0.0018776 \\
 C_A &= 0.0007 \\
 C_V &= (1+k) \cdot C_F + C_A \\
 &= 0.0031007 \\
 w &= 0.3 \cdot C_B + 10 \cdot C_V \cdot C_B - 0.1 \\
 &= 0.1151543 \\
 t &= 0.2042907
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_a &= \text{Speed of Advance} \\
 &= V_S \cdot (1 - w) \\
 &= 5.007
 \end{aligned}$$

Effective Horse Power (EHP)

$$\begin{aligned}
 P_E &= R_T \cdot V_S \\
 &= 427.025 \quad \text{HP}
 \end{aligned}$$

Thrust Horse Power

$$\begin{aligned} P_T &= P_E \cdot \frac{(1 - w)}{(1 - t)} \\ &= 474.8613 \text{ HP} \end{aligned}$$

Propulsive Coefficient Calculation

$$\begin{aligned} \eta_H &= \text{Hull Efficiency} \\ &= \frac{(1 - t)}{(1 - w)} \\ &= 0.8992634 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta_O &= \text{Open Water Test Propeller Efficiency} \\ &= \left(\frac{J}{2 \cdot n} \right) \cdot \left(\frac{KT}{KQ} \right) \quad ; \text{ Wageningen B-Series} \\ &= 0.6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta_r &= \text{Rotative Efficiency} \\ &= 0.8759422 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta_D &= \text{Quasi-Propulsive Coefficient} \\ &= \eta_H \cdot \eta_O \cdot \eta_r \\ &= 0.4726217 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_D &= \text{Delivered Power at Propeller} \\ &= \frac{P_E}{\eta_D} \\ &= 903.52475 \text{ HP} \end{aligned}$$

Shaft Horse Power

$$\begin{aligned} \eta_S &= \text{Shaft Efficiency ; (0.981 ~ 0.985)} \\ &= 0.981 \quad ; \text{ untuk mesin di after} \\ P_S &= \text{Shaft Power} \\ &= \frac{P_D}{\eta_S} \\ &= 921.0242124 \text{ HP} \end{aligned}$$

Brake Horse Power Calculation (BHP)

$$\begin{aligned} \eta_R &= \text{Reduction Gear Efficiency} \\ &= 0.975 \\ P_{B_0} &= \text{Brake Horse Power (BHP}_0\text{)} \\ &= \frac{P_S}{\eta_R} \\ &= 944.640 \text{ HP} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BHP (MCR)} &= 1086.336 \text{ HP} \\ &= 799.543 \text{ kW} \end{aligned}$$

Perhitungan Berat Permesinan

Ref : Parametric ship design chapter 11, Watson dan Gilfilan

Input Data

MCR mesin induk	=	1000 kW	
MCR genset	=	250.000 kW	
N	=	2100 RPM	
Cm	=	0.830	
hdb	=	0.75 m	tinggi double bottom di kamar mesin
D'	=	4.1 m	tinggi kamar mesin

Berat Permesinan

$$\begin{aligned}W_{ME} &= \Sigma 12.(MCR/N)^{0.84} \\&= 12 . (1000/ 2100)^{0.84} \\&= 6.434533 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}W_{rem} &= Cm . (MCR)^{0.72} \\&= 1 . (250)^{0.72} \\&= 44.21757 \text{ ton}\end{aligned}$$

Jadi ,

$$\begin{aligned}W &= W_{ME} + W_{rem} \\&= 6 + 44 \\&= 50.65211 \text{ ton}\end{aligned}$$

Titik Berat Permesinan

$$\begin{aligned}VCG_M &= hdb + 0.35 (D' - hdb) \\VCG_M &= 1.923 \text{ m} \quad \text{dari baseline}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}LCG_M &= 4.8 \text{ m} \quad \text{dari AP} \\&= 37.4 \text{ m} \quad \text{dari Fp}\end{aligned}$$

Perhitungan Berat Baja

Input Data

Panjang Kapal (L)	=	42.2 m
Lebar Kapal (B)	=	8.6 m
Tinggi Kapal (H)	=	4.1 m
Sarat Kapal (T)	=	3.04 m
Cb	=	0.650
K	=	0.038

$$E = E_{\text{hull}} + E_{\text{SS}} + E_{\text{dh}}$$

$$= L (B+T) + 0.85L (D - T) + 0.85 \sum \ell_i . h_i + 0.75 \sum \ell_j . h_j$$

$$E_{\text{hull}} = L (B+T) + 0.85L (D - T)$$

$$= 42.20 (8.60 + 3.04) + 0.85 \cdot 42.20 (4.10 - 3.04)$$

$$= 529.2302$$

$$E_{\text{SS}} = 0.85 \sum \ell_i . h_i$$

Direncanakan 3 tingkat :

Lantai 1	ℓ_i	=	16.8 m	V	=	361.2 m ³
	h_i	=	2.5 m			
Lantai 2	ℓ_i	=	30.4 m	V	=	653.6 m ³
	h_i	=	2.5 m			
Lantai 3	ℓ_i	=	27 m	V	=	580.5 m ³
	h_i	=	2.5 m			
Forecastle	ℓ_i	=	6.1 m	V	=	61 m ³
	h_i	=	2.5 m			

$$E_{\text{dh}} = 170.6375$$

$$E = 0.75 \sum \ell_j . h_j \text{ (Tidak ada deckhouse)}$$

$$= 0$$

$$W_s = 529.23 + 170.64 + 0$$

$$= 699.8677$$

$$= W_s(E)$$

$$= K \cdot E^{1.36} (1 + 0.5(C_B' - 0.70))$$

$$C_B' = C_B + (1 - C_B)((0.8D - T)/3T)$$

$$C_B' = 0.65 + (1 - 0.65) \cdot ((0.8 \cdot 4.10 - 3.04) / 3 \cdot 3.04)$$

$$C_B' = 0.6592$$

$$\text{Total Berat Baja} = 0.038 \cdot 699.868^{1.36} \cdot (1 + 0.5(0.659 - 0.70))$$

$$= 275.4586 \text{ ton}$$

$$L \leq 120 \text{ m}$$

$$= 0.01D (46.6 + 0.135(0.81 - C_B) \cdot (L/D)^2) + 0.008D(L/B - 6.5)$$

$$VCG_{\text{hull}} = 0.01 \cdot 4.10 (46.6 + 0.135(0.81 - 0.65) \cdot (42.20/4.10)^2) + 0.008 \cdot 4.10(42.20/8.60 - 6.5)$$

$$= 2.002278 \text{ m dari baseline}$$

$$LCG_{\text{hull}} = -0.15 + LCB$$

$$= -0.8674 \text{ m dari Midship}$$

$$= 21.9674 \text{ m dari Fp}$$

Perhitungan *Consumable dan Kru*

Input Data

L	=	42.200 m	
B	=	8.600 m	
H	=	4.100 m	
T	=	3.040 m	
V _S	=	5.658 m/s	
	=	12.630 mil/jam	
S	=	1238 mil	; Jarak Pelayaran
BHP	=	1000.000 kW	
	=	1340 HP	

Jumlah & Berat Crew + Penumpang

C _{st}	=	1.2	; Coef. Steward (1.2 ~ 1.33)
C _{dk}	=	11.5	; Coef. Deck (11.5 ~ 14.5)
C _{eng}	=	8.5	; Coef. Engine (8.5 ~ 11 untuk diesel)
cadet	=	2	; Umumnya 2 orang
Z _c	=	$C_{st} \cdot C_{dk} \cdot \left(\frac{L_{pp} \cdot B \cdot H \cdot 35}{10^5} \right)^{\frac{1}{6}} + C_{eng} \cdot \left(\frac{BHP}{10^5} \right)^{\frac{1}{3}} + \text{cadet}$	
	=	16.39709	orang
	=	18	orang
Penumpang	=	250	
C _{C&E}	=	0.17 ton/orang	; asumsi berat rata-rata manusia
W _{C&E}	=	Berat Kru + penumpang	
	=	Z _c · C _{C&E}	
	=	45.56	ton

Fuel Oil

SFR	=	0.0000348 ton/kW h	196.084
MCR	=	1000.000 kW	
Margin	=	5%	; (5% ~ 10%)
W _{FO'}	=	$SFR \cdot MCR \cdot \frac{S}{V_s} \cdot (1 + \text{Margin})$	
	=	3.581800167	ton
V _{FO}	=	$\frac{W_{FO'} + 4\% \cdot W_{FO'}}{\pi}$	
	=	3.725072174	m ³
			; Diktat IGM Santosa Penambahan 2% u konstruksi dan 2% untuk ekspansi pan. dan π = 0.95

Lubricating Oil

SFR	=	0.0000091 ton/kW h	
MCR	=	1000.000 kW	
Margin	=	5%	; (5% ~ 10%)
W _{LO'}	=	$SFR \cdot MCR \cdot \frac{S}{V_s} \cdot (1 + \text{Margin})$	
	=	0.936620159	ton
V _{LO''}	=	$\frac{W_{LO'} + 4\% \cdot W_{LO'}}{\pi}$	
	=	0.974084965	m ³
			; Diktat IGM Santosa Penambahan 2% u konstruksi dan 2% untuk ekspansi pan. dan π = 0.9

Perhitungan Tambahan Lubricating Oil System (W_{LO''+})

Lama Berlayar	=	98.024088	jam
SFR ₊	=	3.79167E-07	ton/jam
W _{LO''+}	=	3.7167E-05	ton ; SFR ₊ · Lama Berlayar
W _{LO}	=	W _{LO'} + W _{LO''+}	; Ada penambahan dari Lubricating Oil :
	=	0.97412213	ton = 0.87671

Diesel Oil

$$\begin{aligned}C_{DO} &= 0.1 \text{ ; Diktat IGM Santosa hal. 38 (0.1 ~ 0.2)} \\W_{DO'} &= W_{FO} \cdot C_{DO} \\&= 0.37251 \text{ ton} \\V_{DO} &= \frac{W_{DO'} + 2\% \cdot W_{DO'}}{\pi} \text{ ; Diktat IGM Santosa} \\&= 0.37996 \text{ m}^3 \text{ Penambahan 2\% untuk koreksi} \\&\text{ dan } \pi = 0.85\end{aligned}$$

untuk

as

Fresh Water

$$\begin{aligned}C_{w1} &= 150 \text{ kg/orang hari ; Koef. untuk cuci, mandi, dan minum kru} \\&= 0.00625 \text{ ton/orang jam} \\C_{w2} &= 0.002 \text{ ton/HP ; Koef. air tawar untuk pendingin mesin} \\W_{FW1} &= C_{w1} \cdot \frac{S}{V_S} \cdot Z_c \text{ ; Berat air tawar untuk mandi, cuci, minum} \\&= 164.19 \text{ ton} \\W_{FW2} &= C_{w2} \cdot BHP \text{ ; Berat air tawar untuk pendingin mesin} \\&= 2.68 \text{ ton} \\W_{FW \text{ total}} &= (W_{FW1} + W_{FW2}) \\&= 166.87 \text{ ton} \\W_{FW} &= W_{FW \text{ total}} + 2\% \cdot W_{FW \text{ total}} \text{ ; terdapat penambahan koreksi 2\%} \\&= 170.208 \text{ ton} \\V_{FW} &= 170.208 \text{ m}^3\end{aligned}$$

system

Provision & Store

$$\begin{aligned}C_{PR} &= 19 \text{ kg/orang hari ; Koef. Provision & Store} \\&= 0.000791667 \text{ ton/ orang jam} \\W_{PR} &= C_P \cdot \frac{S}{V_S} \cdot Z_c \text{ ; Berat Provision & Store} \\&= 20.79744395 \text{ ton}\end{aligned}$$

Total Berat Consumable and Crew (W_{cons})

$$\begin{aligned}&= W_{LO} + W_{PR} + W_{FW} + W_{DO} + W_{FO} \\&= 196.084 \text{ ton}\end{aligned}$$

Perhitungan Berat Peralatan dan Perlengkapan

Ship Design Efficiency and Economy, 1998

Input Data

$$\begin{aligned}L_{pp} &= 42.2 \text{ m} \\ B &= 8.6 \text{ m} \\ H &= 4.1 \text{ m} \\ K &= 0.036 \text{ ton/m}^3 \quad ; \text{ Ship Design for Efficiency and Economy} \\ V &= 745.8151 \text{ m}^3\end{aligned}$$

1. Lantai 1

$$\begin{aligned}\ell_1 &= 16.8 \text{ m} \\ b_1 &= 8.6 \text{ m} \\ h_1 &= 2.5 \text{ m} \\ V_1 &= \ell_1 \cdot b_1 \cdot h_1 \\ &= 361.200 \text{ m}^3 \\ W &= 13.0032 \text{ ton}\end{aligned}$$

2. Lantai 2

$$\begin{aligned}\ell_2 &= 30.4 \text{ m} \\ b_2 &= 8.6 \text{ m} \\ h_2 &= 2.5 \text{ m} \\ V_2 &= \ell_2 \cdot b_2 \cdot H_2 \\ &= 653.600 \text{ m}^3 \\ W &= 23.5296 \text{ ton}\end{aligned}$$

3. Lantai III

$$\begin{aligned}\ell_3 &= 27 \text{ m} \\ b_3 &= 8.6 \text{ m} \\ h_3 &= 2.5 \text{ m} \\ V_3 &= \ell_3 \cdot b_3 \cdot H_3 \\ &= 580.500 \text{ m}^3 \\ W &= 20.898 \text{ ton}\end{aligned}$$

4. Forecastle

$$\begin{aligned}\ell_{Fc} &= 6.1 \text{ m} \\ b_{Fc} &= 8 \text{ m} \\ h_{Fc} &= 2.5 \text{ m} \\ V_{fc} &= 0.5 \cdot \ell_{Fc} \cdot b_{Fc} \\ &= 61.000 \text{ m}^3 \\ W &= 2.196 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{\text{Total}} &= V + V_1 + V_2 + V_3 + V_{Fc} \\ &= 2402.115 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Berat Peralatan dan Perlengkapan

$$\begin{aligned}W_{E\&O} &= V \cdot K \\ &= 86.476 \text{ ton}\end{aligned}$$

Perhitungan Berat Total dan Titik Berat Total

Berat Baja

$$\begin{aligned}W_{ST} &= 275.459 \text{ ton} \\KG_{ST} &= 2.002 \text{ m} \\LCG_{ST} &= 21.967 \text{ m ; dari FP}\end{aligned}$$

Berat Peralatan dan Perlengkapan

$$\begin{aligned}W_{E\&O} &= 86.476 \\KG_{E\&O} &= 5.350 \text{ m} \\LCG_{E\&O} &= 26.298 \text{ m ; dari FP}\end{aligned}$$

Berat Permesinan

$$\begin{aligned}W_M &= 50.652 \text{ ton} \\KG_M &= 1.923 \text{ m} \\LCGM &= 37.400 \text{ m ; dari FP}\end{aligned}$$

Berat Consumable

$$\begin{aligned}W_{cons} &= 196.084 \text{ ton} \\KG_{cons} &= 5.351 \text{ m} \\LCG_{cons} &= 37.375 \text{ m ; dari FP}\end{aligned}$$

Berat Payload

$$\begin{aligned}W_{payload} &= 153.916 \text{ ton} \\Kg_{payload} &= 2.725 \text{ m} \\LCG_{payload} &= 25.336 \text{ m ; dari FP}\end{aligned}$$

KG Total

$$\begin{aligned}KG &= \frac{W_{ST} \cdot KG_{ST} + W_{E\&O} \cdot KG_{E\&O} + W_M \cdot KG_M + W_{cons} \cdot KG_{cons}}{W_{ST} + W_{E\&O} + W_M + W_{cons}} \\&= \mathbf{3.383606 \text{ m}}\end{aligned}$$

LCG Total dari FP

$$\begin{aligned}LCG &= \frac{W_{ST} \cdot LCG_{ST} + W_{E\&O} \cdot LCG_{E\&O} + W_M \cdot LCG_M + W_{cons} \cdot LCG_{cons}}{W_{ST} + W_{E\&O} + W_M + W_{cons}} \\&= \mathbf{18.82107 \text{ m}} \\&= \mathbf{23.37893 \text{ m dari AP}}\end{aligned}$$

Perbandingan Gaya Berat dan Gaya Angkat

1. Gaya Berat

LWT

Berat Baja	=	275.4586 ton
Berat Permesinan	=	50.65211 ton
Berat Peralatan & Perlengkapan	=	86.47614 ton
Total LWT	=	412.5869 ton

DWT

Berat Consumable	=	196.0843 ton
Payload	=	153.9157 ton
Total DWT	=	350 ton

Total LWT + DWT = 762.5869 ton

2. Gaya Angkat

Volume Displacement = $L \times B \times T \times C_b$

V = 745.8151 m³

Berat Displacement = $V \times 1.025$

▲ = 764.4605 ton

Selisih = 1.87 ton

= 0.25%

Perhitungan Trim

Chapter 11 Parametric Design , Michael G. Parsons

Input Data

$$\begin{aligned}L_{pp} &= 42.2 \text{ m} \\ B &= 8.6 \text{ m} \\ T &= 3.04 \text{ m} \\ C_M &= 0.98125 \\ C_B &= 0.65 \\ C_{WP} &= 0.7985605 \\ \nabla &= 745.81512 \text{ m}^3 \\ KG &= 3.3836061 \text{ m} \\ LCG_{LWT FP} &= 23.378926 \text{ m} \\ LCB_{\text{dari FP}} &= 21.8174 \text{ m}\end{aligned}$$

Sifat Hidrostatik

1. KB

$$\begin{aligned}KB/T &= 0.9 - 0.3 \cdot C_M - 0.1 \cdot C_B \\ &= 0.540625 \\ KB &= 1.6435 \text{ m}\end{aligned}$$

2. BM_T

$$\begin{aligned}C_I &= 0.1216 \cdot C_{WP} - 0.041 \\ &= 0.056105 \\ I_T &= C_I \cdot L_{pp} \cdot B^3 \\ &= 1505.9448 \text{ m}^4 \\ BM_T &= I_T / \nabla ; \text{jarak B dan M secara melintang} \\ &= 2.0191931 \text{ m}\end{aligned}$$

3. BM_L

$$\begin{aligned}C_{IL} &= 0.350 \cdot C_{WP}^2 - 0.405 \cdot C_{WP} + 0.146 \\ &= 0.0457776 \\ I_L &= C_{IL} \cdot L_{pp}^3 \cdot B \\ &= 29586.178 \text{ m}^4 \\ BM_L &= I_L / \nabla ; \text{jarak B dan M secara melintang} \\ &= 39.669587 \text{ m}\end{aligned}$$

4. GM_L

$$= KB + BM_L - KG$$

$$= 37.929481$$

$$\begin{aligned}5. \text{ Trim} &= \frac{(LCG - LCB) \cdot L_{pp}}{GM_L} ; \text{Parametric Ship Design hal 11 - 27} \\ &= 1.7373402 \text{ m}\end{aligned}$$

Kondisi Trim

Trim Buritan

6. Batasan Trim

$$\begin{aligned}\Delta (LCG - LCB) &= 1.5615264 \\ 0.1 \cdot L_{pp} &= 4.22\end{aligned}$$

Kondisi Batasan Trim

Diterima

Perhitungan Lambung Timbul

International Convention on Load Lines, 1966 and Protocol of 1988

Input Data

$$H = 4.1 \text{ m}$$

$$d = 0.85 \cdot H \\ = 3.485 \text{ m}$$

$$L_1(1) = 96\% \cdot LWL_{0.85D} \\ = -$$

$$L_1(2) = L_{PP} \\ = 42.2 \text{ m}$$

$$L_1 = 42.2 \text{ m} ; L_1 \text{ diambil yang terbesar}$$

$$B = 8.6 \text{ m}$$

$$C_B = \frac{\nabla}{L_1 \cdot B \cdot d} \\ = 0.5897$$

$$\ell_{FC} = 6.1 \text{ m} ; \text{panjang forecastle}$$

$$\ell_{PO} = 30.4 \text{ m} ; \text{panjang poop}$$

Tipe Kapal

International Convention on Load Line 1996

as modified 1998 and 2003 - Regulation 27 Type of Ship

$$\text{Tipe} = B$$

Lambung Timbul Standar (F_b)

International Convention on Load Line 1996

as modified 1998 and 2003 - Table 28.2

$$L_1 \text{ (m)} \Rightarrow F_b \text{ (mm)}$$

$$42 \Rightarrow 354$$

$$43 \Rightarrow 364$$

interpolasi

$$42.2 \Rightarrow 356 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow 0.356 \text{ m}$$

Koreksi

$$1. L ; 24 < L_{PP} < 100$$

karena L_{PP} 42.312 maka dilakukan koreksi

$$= 0 \text{ mm}$$

$$F_b = 356 \text{ mm}$$

$$2. C_B ; C_B > 0.68$$

$$F_{b2} = F_b \text{ karena tidak ada koreksi } C_b$$

$$= 356.000 \text{ mm}$$

$$3. \text{Depth (D)}$$

$$L/15 = 2.8133333$$

$$R = 87.916667$$

untuk $L < 120\text{m}$; $R = L/0.48$

untuk $L > 120\text{m}$; $R = 250$

jika, $D < L/15$; tidak ada koreksi

jika, $D > L/15$; $F_{b3} = F_{b2} + (R(H-(L/15)))$

$$F_{b3} = 469.11944 \text{ mm}$$

Koreksi Bangunan Atas

1. Forecastle

$$L_1 \text{ (m)} \Rightarrow h_{st} \text{ (m)}$$

$$30 \Rightarrow 1.8$$

$$75 \Rightarrow 1.8$$

interpolasi

$$6.1 \Rightarrow 1.8 \text{ m}$$

$$t_{FC} = 2.5 \text{ m}$$

karena $t_{FC} > h_{st}$ maka

$$E_{FC} = S_{FC}$$

$$= 6.1 \text{ m}$$

2. Poop

$$L_1 \text{ (m)} \Rightarrow h_{st} \text{ (m)}$$

$$30 \Rightarrow 1.8$$

$$75 \Rightarrow 1.8$$

interpolasi

$$16.8 \Rightarrow 1.8 \text{ m}$$

$$t_{FC} = 2.5 \text{ m}$$

karena $t_{FC} > h_{st}$ maka

$$E_{FC} = S_{FC}$$

$$= 30.4 \text{ m}$$

Total Panjang Efektif

$$\begin{aligned} E &= E_{FC} + E_{PO} \\ &= 36.5 \text{ m} \\ &= 0.8649289 \cdot L \end{aligned}$$

3. Pengurangan Akibat Bangunan Atas

$$\begin{aligned} x/L &= 83\% ; \text{regulation 37 table 37.1} \\ \text{Pengurangan} &= (x/L\% \cdot F_b \text{ standar}) \\ &= -296.733 \end{aligned}$$

Total Lambung Timbul

$$\begin{aligned} F_b' &= F_{b3} - \text{Pengurangan} \\ &= 172.38632 \text{ mm} \\ &= 0.172 \text{ m} \end{aligned}$$

Ketinggian Bow Minimum (B_{WM})

$$\begin{aligned} C_{B \min} &= 0.69 \\ C_B &= 0.5897 \\ B_{WM} &= 56 \cdot L_1 \cdot \left(1 - \frac{L_1}{500}\right) \cdot \left(\frac{1.36}{C_B + 0.68}\right) \\ &= 2317.6635 \text{ mm} \\ &= 2.318 \text{ m} \end{aligned}$$

Batasan

1. Lambung Timbul Sebenarnya

$$\begin{aligned} F_{ba} &= H - T \\ &= 1.06 \text{ m} \end{aligned}$$

Lambung Timbul Sebenarnya harus lebih besar dari Lambung Timbul Total

Kondisi = Diterima

2. Ketinggian Bow

$$\begin{aligned} \text{Bow Height} &= F_{ba} + S_{FC} + T_{FC} \\ &= 3.560 \text{ m} \end{aligned}$$

Ketinggian Bow harus lebih besar dari Ketinggian Bow Minimum

Kondisi = Diterima

Perhitungan Stabilitas

Satuan

Panjang	⇒ 1 feet	=	0.305 m
Berat	⇒ 1 long ton	=	1.016 ton

Input Data

L_{PP}	=	138.45144 ft	
B	=	28.215223 ft	
B_W	=	28.215223 ft	; maximum waterline breadth
T	=	9.9737533 ft	
H_M	=	13.451444 ft	
S_F	=	0 ft	; Sheer fore
S_A	=	0 ft	; Sheer aft
Δ_0	=	752.42175 long ton	
ℓ_{ST}	=	99.737533 ft	; panjang bangunan atas
h_{ST}	=	8.2020997 ft	; tinggi bangunan atas
C_B	=	0.65	
C_{WP}	=	0.7985605	
C_X	=	C_M	
	=	0.98125	

Perhitungan Awal

C_{PV}	=	$\frac{C_B}{C_{WP}}$; vertical prismatic coefficient
	=	0.81396462	
A_0	=	$L_{PP} \cdot B_W \cdot C_{WP}$; luas bidang garis air
	=	3119.52741 ft ²	
A_M	=	$B_W \cdot C_X \cdot T$; luas area midship
	=	276.135205 ft ²	
S	=	$(\ell_{ST} \cdot h_{ST}) + \left(0.5 \cdot L_{PP} \cdot \frac{S_F}{3}\right) + \left(0.5 \cdot L_{PP} \cdot \frac{S_A}{3}\right)$	
			; sheer rata-rata
	=	818.057192 ft	
A_2	=	$(0.98 \cdot L_{PP} \cdot H_M) + S$; area of vertical centerline plane to depth D
	=	2643.18154 ft ²	
D	=	$\frac{S}{L_{PP}} + H_M$; tinggi kapal rata-rata
	=	19.3600652 ft	
F	=	$D - T$; lambung timbul rata-rata
	=	3.47769029 ft	
A_1	=	$1.01 \cdot A_0$; area of waterline plane at depth D
	=	3150.72269 ft ²	maybe estimate from A0 and nature of stations above waterline

Perhitungan GZ

$$\begin{aligned} D_T &= \Delta_0 + \left(\frac{A_0 + A_1}{2} \right) \cdot \left(\frac{F}{35} \right) \\ &= 1063.935859 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{D_T}{2} - \Delta_0 \\ &= -220.453817 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_W' &= \frac{A_2}{L_{PP} \cdot D} \\ &= 0.986103927 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_X' &= \frac{A_M + (B \cdot F)}{B \cdot D} \\ &= 0.685144165 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{PV}' &= \frac{35 \cdot D_T}{A_1 \cdot D} \\ &= 0.610473049 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{PV}'' &= \frac{35 \cdot D_T}{A_2 \cdot B} \\ &= 0.499313158 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_W'' &= \frac{C_W' - \frac{(140 \cdot \delta) \cdot (1 - C_{PV}'')}{L_{PP} \cdot D \cdot B}}{1} \\ &= 1.190430121 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_0 &= \frac{T \cdot \left(\frac{A_0}{A_1} - 1 \right)}{2 \cdot F \cdot (1 - C_{PV})} \\ &= 0.077080083 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_1 &= \frac{D \cdot \left(1 - \frac{A_0}{A_1} \right)}{2 \cdot F \cdot (1 - C_{PV})} \\ &= 0.070750096 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_2 &= \text{jika } C_X' \geq 0.89, \text{ maka } f_2 = 9.1 \cdot (C_X' - 0.89) \\ &\quad \text{jika } C_X' \leq 0.89, \text{ maka } f_2 = 0 \\ &= 0 \\ KG &= 11.10107 \text{ ft} \end{aligned}$$

Perhitungan h₁

Referensi : Regresi Kurva Faktor h

$$\begin{aligned} h_1 \text{ untuk } f=0 &= 0.369198 \\ h_1 \text{ untuk } f=0.5 &= 0.3789349 \\ h_1 \text{ untuk } f=1 &= 0.3918923 \\ h_1 \text{ interpolasi} &= 0.3705758 \\ KG' &= \frac{((D \cdot (1 - h_1) \cdot D_T) - \delta)}{2 \cdot D_0} \\ &= 8.761875 \text{ ft} \\ GG' &= KG' - KG \\ &= -2.339195 \text{ ft} \end{aligned}$$

Perhitungan h₀

Referensi : Regresi Kurva Faktor h

$$\begin{aligned} h_0 \text{ untuk } f=0 &= 0.4346711 \\ h_0 \text{ untuk } f=0.5 &= 0.4474987 \\ h_0 \text{ untuk } f=1 &= 0.4602287 \\ h_0 \text{ interpolasi} &= 0.4366486 \\ KB_0 &= (1 - h_0) \cdot T \\ &= 5.6187281 \\ G'B_0 &= KG' - KB_0 \\ &= 3.1431469 \end{aligned}$$

Perhitungan h_2

Referensi : Regresi Kurva Faktor h

$$h_2 \text{ untuk } f=0 = 0.33280317$$

$$h_2 \text{ untuk } f=0.5 = 0.33402861$$

$$h_2 \text{ untuk } f=1 = 0.33430367$$

$$h_2 \text{ interpolasi} = 0.33280317$$

$$\begin{aligned} G'B_{90} &= \frac{D_T \cdot h_2 \cdot B}{4 \cdot D_0} - \left(\frac{d^2}{D_0} \cdot \frac{17.5}{\left(A_2 - \left(\frac{70 \cdot d}{8} \cdot (1 - C_{PV}'') \right) \right)} \right) \\ &= 6.1574347 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_I &= a x^4 + b x^3 + c x^2 + d x + e \\ &= 0.05536571 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} BM_0 &= \frac{C_I \cdot L_{PP} \cdot B_W^3}{35 \cdot D_0} \\ &= 6.53821843 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_I' &= a x^4 + b x^3 + c x^2 + d x + e \\ &= 0.05876032 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} BM_{90} &= \frac{C_I' \cdot L_{PP} \cdot D^3}{35 \cdot D_0} + \frac{L_d \cdot d \cdot D^2}{140 \cdot D_0} \\ &= 5.15244568 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} GM_0 &= KB_0 + BM_0 - KG \\ &= 1.05587647 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G'M_0 &= KB_0 + BM_0 - KG' \\ &= 3.39507151 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$G'M_{90} = BM_{90} - G'B_{90}$$

$$= -1.00498902$$

$$b1 = \frac{9 \cdot (G'B_{90} - G'B_0)}{8} - \frac{G'M_0 - G'M_{90}}{32}$$

$$= 3.326671699$$

$$b2 = \frac{G'M_0 + G'M_{90}}{8}$$

$$= 0.298760312$$

$$b3 = 3 \cdot \frac{G'M_0 - G'M_{90}}{32} - 3 \cdot \frac{(G'B_{90} - G'B_0)}{8}$$

$$= -0.71785224$$

Perhitungan Lengan Stabilitas

Φ	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°
$GG' \cdot \sin (1 \cdot \Phi)$	0.000	-0.204	-0.406	-0.605	-0.800	-0.988	-1.169	-1.341	-1.503	-1.653
$b_1 \cdot \sin (2 \cdot \Phi)$	0.000	0.577	1.137	1.663	2.137	2.547	2.880	3.125	3.276	3.327
$b_2 \cdot \sin (4 \cdot \Phi)$	0.000	0.102	0.192	0.259	0.294	0.294	0.259	0.192	0.103	0.000
$b_3 \cdot \sin (6 \cdot \Phi)$	0.000	-0.359	-0.621	-0.718	-0.622	-0.360	-0.001	0.358	0.621	0.718
GZ (ft)	0.000	0.117	0.302	0.598	1.010	1.494	1.969	2.334	2.496	2.392
GZ (m)	0.000	0.384	0.990	1.963	3.313	4.901	6.459	7.659	8.190	7.846

Φ	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	90°
$GG' \cdot \sin (1 \cdot \Phi)$	-1.653	-1.791	-1.916	-2.025	-2.119	-2.198	-2.259	-2.303	-2.330	-2.339
$b_1 \cdot \sin (2 \cdot \Phi)$	3.327	3.277	3.127	2.883	2.551	2.141	1.667	1.142	0.583	0.005
$b_2 \cdot \sin (4 \cdot \Phi)$	0.000	-0.102	-0.192	-0.258	-0.294	-0.294	-0.259	-0.193	-0.103	-0.001
$b_3 \cdot \sin (6 \cdot \Phi)$	0.718	0.623	0.361	0.002	-0.357	-0.620	-0.718	-0.623	-0.362	-0.003
GZ (ft)	2.392	2.006	1.381	0.601	-0.220	-0.971	-1.569	-1.977	-2.212	-2.338
GZ (m)	7.846	6.582	4.530	1.973	-0.720	-3.185	-5.147	-6.486	-7.258	-7.672

$$GG' \cdot \sin (1 \cdot \Phi) = \frac{GG' \cdot \sin(\Phi \cdot \pi)}{180} \quad \text{Perhitungan Lengan Dinamis (L_D)}$$

$$b_1 \cdot \sin (2 \cdot \Phi) = \frac{b_1 \cdot \sin(\Phi \cdot 2 \cdot \pi)}{180} \quad L_{Dn} = \frac{1}{3} \cdot h \cdot (GZ_{n-10} + 4 \cdot GZ_{n-5} + GZ_n) \cdot h = 0.08726646 \text{ rad}$$

$$b_2 \cdot \sin (4 \cdot \Phi) = \frac{b_2 \cdot \sin(\Phi \cdot 4 \cdot \pi)}{180}$$

$$b_3 \cdot \sin (6 \cdot \Phi) = \frac{b_3 \cdot \sin(\Phi \cdot 6 \cdot \pi)}{180}$$

Sudut [°]	LD [ft.rad]	LD [m.rad]
10	0.022	0.007
20	0.108	0.033
30	0.260	0.079
40	0.401	0.122
L _D Total	0.792	0.241

Sudut Maksimum

GZ max	=	8.189780628 m	<i>; nilai maksimum GZ dari semua sudut (0^0 s.d. 90^0)</i>
Kolom Ke -	=	9	<i>; nilai terbesar tersebut pada kolom ke berapa</i>
Heel at GZ max	=	40°	<i>; pada sudut heel berapa GZ maksimum</i>

Titik

X_1	=	35
X_2	=	40
X_3	=	45
Y_1	=	7.658539998
Y_2	=	8.189780628
Y_3	=	7.846439294

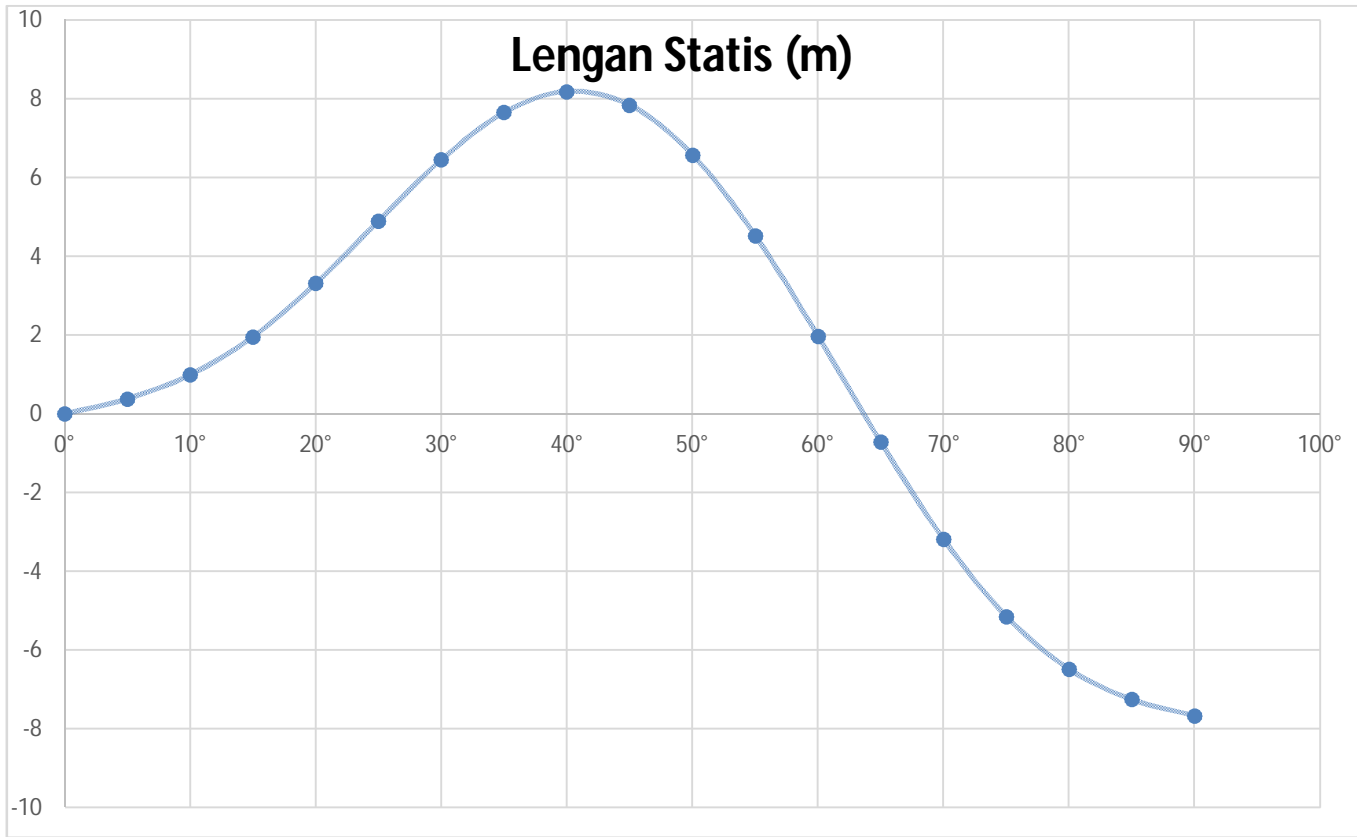
Matriks	Invers Matrik
$\begin{bmatrix} 1 & 35 & 1225 \\ 1 & 40 & 1600 \\ 1 & 45 & 2025 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 36 & -63 & 28 \\ -1.7 & 3.2 & -1.5 \\ 0.02 & -0.04 & 0.02 \end{bmatrix}$

Hasil Perkalian Matrik

a	=	-20.54843939
b	=	1.418121071
c	=	-0.017491639

$$\theta_{\max} = 40.53711^\circ \text{ ; sudut maximum}$$

Sudut [°]	Lengan Statis (m)
0°	0
5°	0.3837949
10°	0.9898726
15°	1.9627473
20°	3.3133337
25°	4.90102
30°	6.4592789
35°	7.65854
40°	8.1897806
45°	7.8464393
50°	6.5824268
55°	4.5301764
60°	1.9732148
65°	-0.720163
70°	-3.185102
75°	-5.147325
80°	-6.486351
85°	-7.258189
90°	-7.671514



Batasan Stabilitas Menurut IMO

IMO Resolution A. 749 (18)

Input Data

1. e (mrad)

e_{30° = 0.0793887
 e_{40° = 0.1223752
 e = $e_{30^\circ} - e_{40^\circ}$
= 0.0429864
2. GZ_{30° = 6.4592789
3. θ_{\max} = 40.537112
4. GM_0

GM_0 = 1.0558765 feet
= 0.3218311 m
5. B = 8.6 m
6. $G'Mo$ = 3.3950715

Kriteria IMO

1. $e_{30^\circ} \geq 0.055$

e_{30° = 0.0793887
= **Diterima**
2. $e_{40^\circ} \geq 0.09$

e_{40° = 0.1223752
= **Diterima**
3. $e_{30-40^\circ} \geq 0.03$

e_{30-40° = 0.0429864
= **Diterima**
4. $h_{30^\circ} \geq 0.2$

h_{30° = 6.4592789
= **Diterima**
5. $\theta_{\max} \geq 25$

θ_{\max} = 40.537112
= **Diterima**
6. $GM_0 \geq 0.15$

GM_0 = 0.3218311
= **Diterima**
- Status = **Kriteria Dipenuhi**

Periode Rolling

$T = \frac{0.79 \cdot B}{\sqrt{G'Mo}}$
= 3.6872372 detik

Perhitungan Tonase

International Convention on Load Lines, 1966 and Protocol of 1988

Input Data

$$\begin{aligned} H &= 4.1 \text{ m} \\ T &= 3.04 \text{ m} \\ V_{PO} &= 653.600 \text{ m}^3 \\ V_{FC} &= 61.000 \text{ m}^3 \\ V_{DH} &= 580.500 \text{ m}^3 \\ \Delta &= 764.460 \text{ ton} \\ Z_c &= 268 \text{ orang} \\ N_1 &= 250 \text{ orang} \quad ; \text{ asumsi jumlah penumpang dalam kabin} \\ N_2 &= 18 \text{ orang} \end{aligned}$$

Gross Tonnage

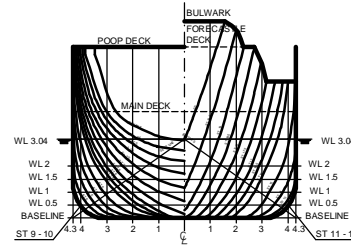
$$\begin{aligned} V_U &= \Delta \cdot \left(\left(1.25 \cdot \frac{H}{T} \right) - 0.115 \right) \quad ; \text{ Volume dibawah geladak cuaca} \\ &= 1200.856 \text{ m}^3 \quad ; \text{ Volume ruang tertutup diatas geladak cuaca} \\ V_H &= V_{PO} + V_{FC} + V_{DH} \\ &= 1295.100 \text{ m}^3 \\ V &= V_U + V_H \\ &= 2495.956 \text{ m}^3 \\ K_1 &= 0.2 + 0.02 \cdot \log_{10} V \\ &= 0.2679447 \\ GT &= V \cdot K_1 \\ &= 668.77828 \text{ GT} \end{aligned}$$

Net Tonnage

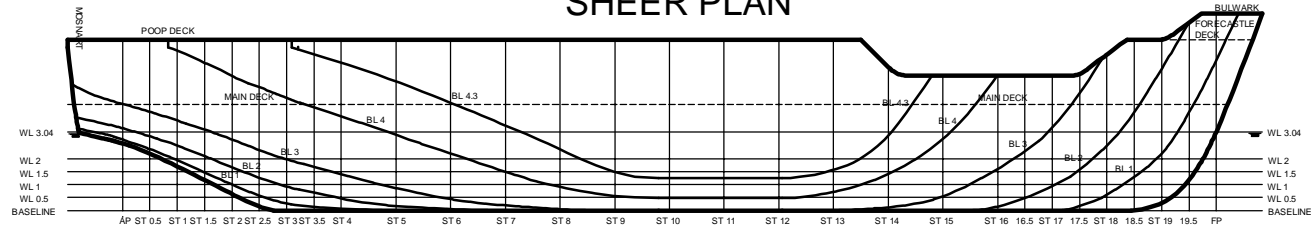
$$\begin{aligned} V_r &= 1295.100 \quad ; \text{ Total Volume ruang muat} \\ K_2 &= 0.2 + 0.02 \cdot \log_{10} V_C \\ &= 0.262246 \\ K_3 &= 1.25 \frac{GT+10000}{10000} \\ &= 1.268794 \\ a &= K_2 \cdot V_r \cdot \left(\frac{4 \cdot T}{3 \cdot H} \right)^2 \\ &= 331.9474 \\ \text{jadi, } a &\geq 0.25 \cdot GT \\ \text{Kondisi} &= \text{Diterima} \quad 200.6335 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} NT &= a + K_3 \cdot \left(N_1 \cdot \frac{N_2}{10} \right) \\ &= 651.4297 \\ \text{jadi, } NT &\geq 0.30 \cdot GT \\ \text{Kondisi} &= \text{Diterima} \end{aligned}$$

BODY PLAN



SHEER PLAN



HALF BREADTH PLAN

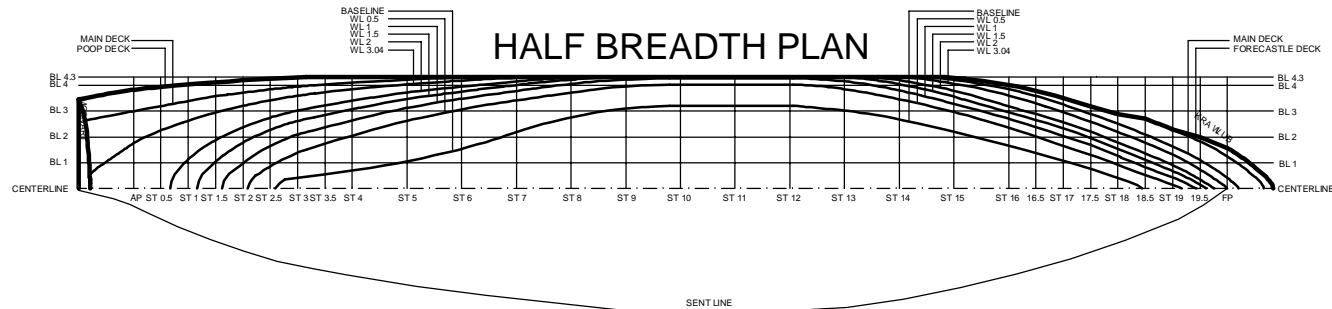


TABLE OFFSET OF BUTTOCK LINE (m)

	TRANSOM	AP	0.5	1	2	2.5	3	3.5	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	16.5	17	17.5	18	18.5	19	19.5	FP
CENTERLINE	3.007	2.993	2.195	1.707	1.178	0.640	0.195	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.016	0.299	1.172	3.040
BL 1	3.153	2.742	2.370	1.939	1.474	1.008	0.563	0.277	0.144	0.076	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.174	0.601	1.295	2.202	3.786	5.815
BL 2	3.997	3.177	2.964	2.506	2.098	1.671	1.263	0.906	0.684	0.467	0.177	0.052	-	-	-	-	-	-	-	-	0.156	0.490	0.946	1.584	2.510	3.790	5.474	-	
BL 3	4.885	4.112	3.809	3.475	3.127	2.740	2.338	1.974	1.693	1.413	0.960	0.442	0.199	0.050	-	-	-	-	-	0.126	0.549	1.604	2.282	3.209	4.531	-	-	-	
BL 4	-	-	-	6.168	5.695	5.202	4.770	4.341	3.985	3.645	2.919	2.205	1.496	0.909	0.476	0.476	0.476	0.476	0.719	1.409	2.768	5.232	-	-	-	-	-	-	
BL 4.3	-	-	-	-	-	-	-	6.080	5.761	5.037	4.228	3.361	2.474	1.393	1.393	1.393	1.393	1.699	3.125	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
MAIN DECK	6.600	6.600	6.600	6.600	6.600	6.600	6.600	6.600	6.600	6.600	6.600	6.600	6.600	6.600	6.600	6.600	6.600	6.600	6.600	6.600	6.600	6.600	6.600	6.600	6.600	6.600	6.600	6.600	6.600
FORECASTLE DECK	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
POOP DECK	7.600	7.600	7.600	7.600	7.600	7.600	7.600	7.600	7.600	7.600	7.600	7.600	7.600	7.600	7.600	7.600	7.600	7.600	7.600	7.600	7.600	7.600	7.600	7.600	7.600	7.600	7.600	7.600	7.600
BULWARK	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

TABLE OFFSET OF WATER LINE (m)

	TRANSOM	AP	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	16.5	17	17.5	18	18.5	19	19.5	FP
BASLINE	-	-	-	-	-	-	-	0.410	0.552	0.698	1.052	1.530	2.173	2.761	3.192	3.192	3.192	3.192	3.012	2.665	2.173	1.634	1.352	1.057	0.757	0.422	-	-	-	-
WL 0.5	-	-	-	-	-	-	-	0.865	1.389	1.737	2.050	2.619	3.065	3.407	3.712	4.017	4.017	4.017	3.844	3.452	2.965	2.350	2.008	1.660	1.306	0.930	0.523	0.148	-	-
WL 1	-	-	-	-	-	-	-	0.984	1.649	2.092	2.373	2.640	3.116	3.475	3.773	4.046	4.258	4.258	4.258	4.146	3.797	3.275	2.696	2.376	2.036	1.685	1.254	0.834	0.432	-
WL 1.5	-	-	-	-	-	-	-	1.050	1.776	2.274	2.614	2.846	3.066	3.458	3.751	4.001	4.208	4.300	4.300	4.289	4.035	3.549	2.951	2.651	2.334	1.959	1.537	1.111	0.683	0.153
WL 2	-	-	-	-	-	-	-	1.139	1.869	2.371	2.746	3.020	3.215	3.394	3.711	3.940	4.142	4.273	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300
WL 3.04	-	-	-	-	-	-	-	1.755	2.249	2.937	3.197	3.413	3.589	3.725	3.838	4.029	4.176	4.279	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300
MAIN DECK	2.631	2.992	3.190	3.396	3.566	3.707	3.833	3.943	4.026	4.092	4.206	4.290	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300
FORECASTLE DECK	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
POOP DECK	3.447	3.820	3.933	4.030	4.112	4.180	4.238	4.286	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300	4.300
BULWARK	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

PRINCIPAL DIMENSIONS

Length Over All	(Loa) : 46.10 m
Length Between Perpendicular	(Lbp) : 42.20 m
Breadth	(B) : 8.60 m
Height	(H) : 4.10 m
Draught	(T) : 3.04 m
Block Coefficient	(Cb) : 0.65
Service Speed	(Vs) : 11.00 knot



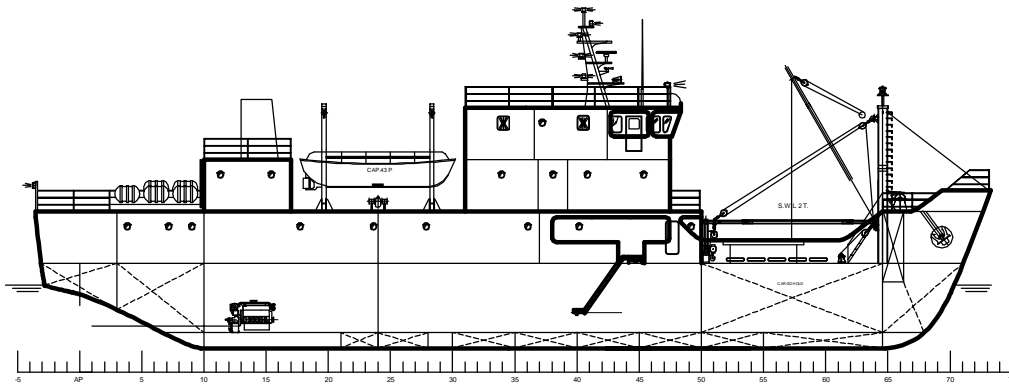
DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE & SHIP BUILDING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

KM. MAJA

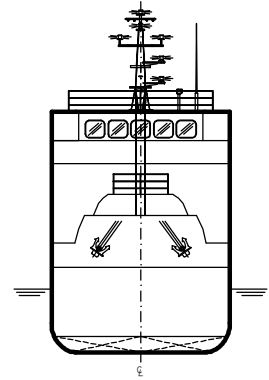
LINES PLAN

Scale	: 1 : 100	Date		Signature		Notes	
Drawn By	: Dwi Yulianto						
Approved By	: Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc, Ph.D						NRP : 4111100027

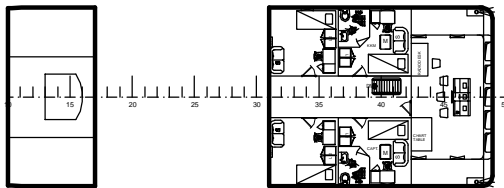
SIDE VIEW



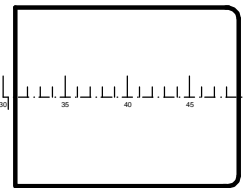
FRONT VIEW



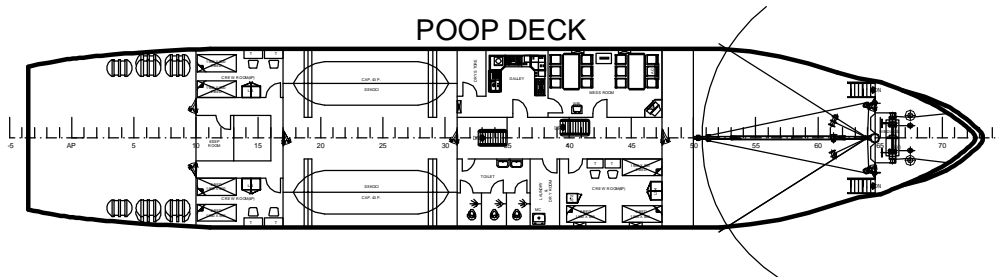
NAVIGATION DECK



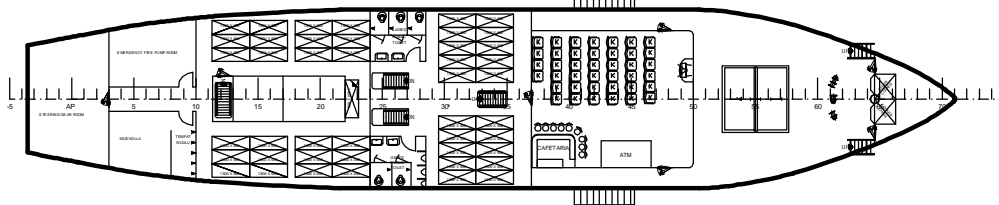
TOP DECK



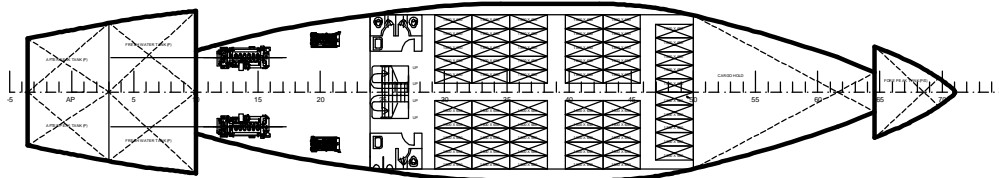
POOP DECK



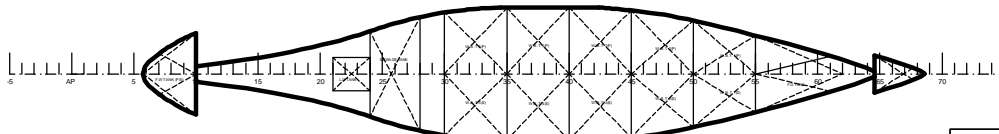
MAIN DECK



DOUBLE BOTTOM DECK



BOTTOM



PRINCIPAL DIMENSIONS

Length Over All	(Loa) : 46.10 m
Length Between Perpendicular	(Lbp) : 42.20 m
Breadth	(B) : 8.60 m
Height	(H) : 4.10 m
Draught	(T) : 3.04 m
Block Coefficient	(Cb) : 0.65
Service Speed	(Vs) : 11.00 knot



DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE & SHIP BUILDING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

KM. MAJA

GENERAL ARRANGEMENT

Scale	: 1 : 125	Date	Signature	Notes
Drawn By	: Dwi Yulianto			
Approved By	: Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc, Ph.D			NRP : 4111100027

BIOGRAFI PENULIS



Dwi Yulianto lahir di Mojokerto pada tanggal 12 Juni 1993. Memulai pendidikan di bangku Sekolah Dasar pada tahun 1999 di SD negeri Magersari 2 Mojokerto, pada tahun 2005 melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 1 Mojokerto sampai tahun 2008, di tahun 2008 melanjutkan pendidikan ke SMA Negeri 3 Mojokerto, pada tahun 2011 penulis diterima untuk melanjutkan pendidikan dengan beasiswa bidikmisi di Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Pada saat bangku sekolah aktif di kegiatan kepramukaan, pada tahun 2010 pernah menjadi Sekretaris Dewan Ambalan SMA Negeri 3 Mojokerto, dan pernah menjadi Bendahara Saka Bakti Husada Mojokerto. Di masa kuliah, penulis mengikuti kepanitiaan kegiatan jurusan dan fakultas. Di tingkat jurusan menjadi panitia kegiatan Semarak Mahasiswa Perkapalan (SAMPAN) 6 tahun 2012, SAMPAN 7 tahun 2013 dan SAMPAN 8 tahun 2014. Di tingkat fakultas, penulis menjadi panitia Symphony FTK pada tahun 2012. Semasa perkuliahan juga mengikuti pelatihan-pelatihan seperti Pelatihan Karya Tulis Ilmiah (PKTI).

Di Mojokerto, penulis bergabung dalam komunitas Save Street Child Mojokerto, yaitu komunitas pemerhati anak jalanan dan anak marjinal di Mojokerto, menjadi relawan pengajar serta relawan sosial kegiatan lain. Pada tahun 2014 penulis juga pernah bergabung dengan salah satu kegiatan dari Indonesia Mengajar yaitu kegiatan Kelas Inspirasi Jatim (Kelas Inspirasi Mojokerto) yang secara serentak diselenggarakan bersamaan pada bulan September 2014.

Email : dwiyulianto93@gmail.com